اثر لینکلن بارنت

جهان و اینشتاین

ترجمه :

احمد بیرشک

چاپ اول

از انتشارات

شرکت نسبی حاج محمد حسین اقبال و شرکاء

تهران - ۱۳۳۴

با همکاری مؤسسهٔ انتشارات فرانکلین
تهران . قاهره . لاهور . نیویورک

لطفاً پیش از مطالعه این غلطهارا تصحیح فرمائید :

صفحه	سطر	غلط	صحیح
۱۶	۸	شباهتهای	شباهتهائی
۲۶	۱۲	سیاه	سفید
۳۶	آخر	djff	diff
۴۰	۱۷	، معینی	نا معین
۴۲	۱۴	حقیقی	حقیقتی
۴۸	آخر	مشبث	متشبث
۶۲	۱۰	تور	نور
۶۵	۲۳	سرعت دستگاه کلاسیک	کلاسیک سرعت دستگاه
»	»	مودر	مورد
۷۵	۱۱	سرعتهای برزک	سرعتهای بزرک
۷۷	۲۱	وحد	واحد
۸۴	۷	بکدیگر	یکدیگر
۹۶	۱۸	میوانورد	هوا نورد
۱۰۲	۵	زیار	زیاد
۱۰۵	۱۲	هیئتهای	هیئتهای
۱۱۹	۱۴	خواسته یا ساخته	خواسته ، یا ساخته
۱۲۱	۹	ذقیق	رقیق
۱۲۵	۵	بیماد	بیاد
۱۲۶	۷	نقطهٔ بعد از است زائداست	
۱۳۱	۶	بستی»	«هستی»
»	۱۹	، بعداز جانشین زائداست	
۱۳۲	۱۷	حسی عالمی آن	چنین عالمی
۱۳۴	۱۲	طببی	طبیعی
»	۱۳	باشد	باشند
۱۳۶	۱۶	بعد از زمان . گذاشته شود	
»	۱۷	یا	با
»	»	جای	و جای



آلبرت اینشتاین

مقدمهٔ مترجم

روزی که بعزم ترجمهٔ این کتاب قلم بدست گرفتم وجود اینشتاین مانند خورشید فروزانی در آسمان علم میدرخشید. ولی دریغ! دیری نکشید که این خورشید برای همیشه در زیرافق زندگی جسمانی پنهان شد و دست مرگ گوهر تابناك وجود این نابغهٔ بزرك را در ربود و بشریت را از یکی از بزرگترین مردان علم و اجتماع محروم ساخت.

آلبرت اینشتاین که بسال ۱۲۵۷ ه. ش. (=۱۸۷۹م.) قدم بمیدان هستی گذاشته بود در فروردینماه ۱۳۳۴ بدرود زندگی گفت. وجود جسمانی او از میان رفت، اما آثار وجود او تا جهان است درجهان خواهد بود و نام وی در ردیف بزرگترین خدمتگزاران و نوابغ بشریت زنده و جاوید خواهد ماند.

چه بسیار از زادگان آدم که می آیند و میروند و وجود شان منشاء اثری نیست و از آمدن ورفتنشان کسی آگاه نمیشود.

یکی مرغ بر کوه بنشست وخاست،
بر آن که چه افزود و زان که چه کاست؟
من آن مرغم و این جهان کوه من،
چو مردم جهان را چه اندوه من.

حتی فاتحان بزرك و تاجداران نامی هم که در زمان حیات خود جهانی را بزیر نگین در آورده و عالمی را از آوازهٔ خود پر کرده‌اند تأثیرشان محدود بزمان حیات خود بوده یا اندکی پس از آن نیز دوام یافته ودیر یا زود نامشان و یالااقل کارهایشان، در ورطهٔ فراموشی افتاده‌است، حال آنکه نام ارسطو و افلاطون و گالیله و نیوتن هیچگاه از لوح ضمیر آدمیان زدوده و آثارشان از صفحهٔ روزگار زایل نخواهد شد.

اینشتاین هم از کسان معدودی بود که بزرگتر از آنند که بتوان تأثیر وجودشان را بآسانی بیان کرد

آلبرت اینشتاین بسال ۱۸۷۹، درشهر «اولم» آلمان، در میان یك خانوادۀ یهودی چشم بدنیا گشود. با اینکه هم از دوران کودکی هوش و ذکای فوق العاده در وجناتش خوانده میشد، چنان مستغرق افکار واندیشه - های دورو دراز خود بود که گاه بگاه ازطرف آموزگاران خود به «کند ذهنی» و «کودنی» متصف میشد. اما او، فارغ ازاندیشه های دیگران، فکر خود را پرورش و شمشیر بران منطق و استدلال خود را صیقل میداد. هنوز پانزده ساله نشده بود که آثار تنی چند ازفیلسوفان ودانشمندان نامی را با تعمق کامل خوانده بود. در راهی که پیش گرفته بود، یعنی در توجه بعلوم، یکچند نیز با مخالفت و مقاومت پدر مواجه شد، اما ثبات قدم و استواری عزم او براین مانع هم فایق آمد و همچنان در راهی که خرد او درپیش پایش گذاشته بود رفت.

محیط اجتماعی و تعصبات جاهلانه هم مزاحم او بود. او بحکم تقدیر یهودی بدنیا آمده بود و این «یهودی بودن» تا مدتی دراز برای او تولید «دردسر» میکرد، بحدیکه وقتی بدرجۀ «اجازۀ معلمی» رسید جامعه از اینکه یکنفر یهودی را بعنوان مربی و معلم نوباوگان خود برگزیند امتناع کرد وآلبرت جوان، پس از کوشش بسیار، مجبور شد که در ادارۀ امتیازات، دربرن (سویس)، بکار پردازد. اما درتلاش معاش ازهرفرصت که بدست میاورد برای ادامۀ مطالعات خود استفاده میکرد.

سال ۱۹۰۵ ناظر انتشار «نظریۀ خاص نسبیت» او شد. ازآن پس نام وی در محفلهای علمی باحترام یاد میشد و درهای دانشگاهها بروی او بازگردید. اما دراوجنبۀ معلمی خیلی نیرومند نبود وپیوسته برای پی بردن برازهای نهان طبیعت بمطالعه میپرداخت.

«نظریۀ عام نسبیت» او در ۱۹۱۶ انتشار یافت وشهرت وی راجهانگیر و پادشاهی ملك دانش را برای او مسلم ساخت.

لهیب جنك بزرك ۱۹۱۴ تا ۱۹۱۸ خشك و تر را سوخت امابیشتر از همه برای افروزندۀ اصلی خود، یعنی آلمان، مذلت و تیره روزی به بار آورد. اما عجب آنکه هنوز این کشور کمر از زیر بار غرامات و نتایج شوم جنك راست نکرده بود که تلقینات زمامداران خودخواه و کینه توز فکرزور-آزمائی وکشور گشائی و انتقامجوئی را در دماغهای مردم پرورش دادن

گرفت . اینشتاین که باآزادمردی و آزادگی مخصوص از این افکار بیزار بود کشور آلمان را ترک گفت (۱۹۳۳) و بهلند پناهنده شد، اما آنجاهم آرامشی را که میجست نیافت و راه خاور زمین پیش گرفت و از شبه قارهٔ هندو کشور آسمانی چین دیدن کرد و بعد به فلسطین و اسپانیا رفت وسرانجام رخت به دنیای جدید کشید و در آنجا رحل اقامت افکند. مقدم وی را در این کشور گرامی شمردند و وسایل کارش را از هرحیث فراهم ساختند ومرد بزرک در دانشگاه «پرینستن» گوشهٔ «دنجی» یافت و تاآخر عمر درآنجا بمطالعه پرداخت.

اینشتاین بدریافت درجهٔ دکتری افتخاری از دانشگاههای اکسفورد، کمبریج، گلاسگو، زوریخ، مادرید، پاریس؛ بوئنوس آیرس، روستوك بروکسل، ژنو، منچستر پرینستن، هاروارد و لندن نایل گردیده و در دانشگاههای ریاضی وفنی زوریخ (۱۹۰۶و۱۹۱۲)، پراك (۱۹۱۱-۱۹۱۲) و کلرژوفرانس (۱۹۳٤) سمت استادی داشته و در دانشگاههای لندن، اکسفورد، کمبریج وبسیاری از دانشگاههای امریکا افاضه کرده واز۱۹۳۳ بسمت استاد افتخاری (پرفسور ایمریتس) دانشگاه پرینستن منصوب گردیده بود. از ۱۹۱٤ تا ۱۹۳۲ ریاست «مؤسسهٔ فیزیك قیصرویلهلم» را در آلمان عهده‌دار بوده و در آکادمیهای علوم پاریس و آمستردام و کپنهاك عضویت داشته‌است.

آثار مهم او عبارتند از: Relativity (۱۹۲۰)، -
About Zionism! (۱۹۲۹) Zur Einhetlichen Feldtheorie
(۱۹۳۰) Why war? (۱۹۳۳ با دستیاری پرفسور زیگموند فروید)؛
-؛ (۱۹۳۳) The world as I See it . (۱۹۳٤) My Philosophy
(۱۹۳۸ با دستیاری لئوپولد اینفلد)؛ - The Evolntion of Physics
(۱۹۵۰) Out of My Later Year

اینشتاین درآن واحد وعین حال دانشمندی صاحب نبوغ و فیلسوفی صاحب نظر بود وجنبه‌های علمی وفلسفی درتعلیمات وی چنان باهم آمیخته است که جداکردن آنها ازیکدیگر بسیار دشوار ونزدیك به غیرممکن است. وی ما را درمقابل عالم جدیدی که بنیانش بردستورهای ریاضی است قرارداده، عالمی که درکش جز برای کسانی که مایهٔ علمی و افر دارند میسر نیست.

بقول آقای دکتر صادق رضازاده شفق، استاد دانشگاه تهران «اینشتاین... بعالم انسانی نشان داد که عقل بشری هم مانند فضا گرد است و دائماً بدور خود می‌پیچد و تصور میکند که در علوم بسوی هدفی مطلق میرود درصورتی

که ظرف زمان کوتاهی مانند چند هزار سال دورهٔ تاریخی و چند صد سال توسعهٔ علوم طبیعی معلوم شد علم آدمیزاد محدود بیك سلسله تجربه و قضاوت - های نسبی بوده است » (۱)

قسمت بزرگی از مساعی نابغهٔ بزرك مصروف باین شد که مفاهیم علمی را بسوی « وحدت » رهبری کند وهمهٔ پدیده‌های طبیعت را تحت قاعده و نظام واحدی درآورد . اگر در این راه به نتیجهٔ قطعی نرسید اما راه را برای رهروان کوبید و نتایج کارهای او مانند مشعل فروزان راه پژوهندگان را روشن میسازد .

دانشمند بزرك در زندگی اجتماعی واز حیث اخلاق نیز درخور آن است که سرمشق و نمونه قرار داده شود .

نه این مختصر راگنجایش آن ، ونه این ضعیف را یارای آن ، است که ذره‌ای از خورشید عظمت مقام علمی واجتماعی اورا باز شناسانم ونشان دهم . همان بهتر که مقال را باین شعر لسان‌الغیب ، حافظ شیرازی، که سخت مناسب حال این بنده است ، ختم کنم که

در کارخانه‌ای که ره عقل و علم نیست
نفس ضعیف رای فضولی چرا کند ؟

احمد بیرشك

خردادماه ۱۳۳۴

---

(۱) از سخنرانی آقای دکتر شفق درمجلس یادبود اینشتاین در تالار ابن‌سینای دانشگاه تهران (۷ اردیبهشت ۱۳۳۴) .

سپاسگزاری

در اینجا فرض ذمهٔ خود میدانم که مراتب حقشناسی خویش را بحضور دکتر آلن شنستن (۱) ودکتر والنتین (۲) بارگمان ، اعضاء شعبهٔ فیزیك دانشگاه پرینستن (۳) ، ودکترهرمان وایل (٤) ، عضو مؤسسهٔ مطالعات عالی پرینستن ، ودکتررابرتسن (٥) ، عضومؤسسهٔ فنی کالیفرنیا ، که مرادرتنظیم این کتاب یاوری وراهنمائی کرده‌اند تقدیم دارم.

همچنین لازم میدانم ازدکترهارلوشپلی (٦) ، عضورصدخانهٔ هاروارد، که با امعان نظر درمسودات این اوراق ، خاصه در آنچه مربوط بهیئت ونجوم بود ، انتقادات و راهنمائیهای گرانبها فرمود ، سپاسگزاری کنم .

و نیز باید بویژه ازدکتر ویلیام هاونس (۷) ، عضو شعبهٔ فیزیك دانشگاه کلمبیا ، ابراز کمال قدر دانی کنم که پیش نویس کتاب را، هم پیش از انتشار در مجلهٔ « هارپرس » (۸) و هم بصورتی که در اینجا بخوانندگان تقدیم میشود، بدقت خواند ورسیدگی کرد وبانهایت صمیمیت وحوصله علم و وقت گرانبهای خودرا برای حل ورفع مشکلات بسیاری که دربیان وعرضه کردن مطلب پیش می آمدصرف نمود .

(1) Dr. Allen G. Shenstone (۲) Dr. Valentin Bargmann
(۳) Princeton University (٤) Dr. Hermann Weyl
(٥) Dr. H. P. Robertson (٦) Dr. Harlow Shapley
(۷) Dr. William Havens, Jr. (۸) Harper's Magazine

تقریظ

از

آلبرت اینشتاین

هر کس کوشیده باشد که یك موضوع مجرد علمی را بنحوی که درخور فهم همگان باشد بیان کند نیك میداند که دراین راه چه مایه دشواریهاست.

چنین کسی یا جان کلام واصل مطلب را پوشیده میگذارد وفقط ظواهر آنرا دربرابر چشم مشتاقان میگسترد ومطالبی مهم رادرقالبی سهل وقابل فهم برخ آنان میکشد، بقسمی که خواننده بغلط چنین می‌پندارد که حقیقت موضوع را دریافته است، یاآنکه حق مطلب را ادامی کند امابالحن وعبارتی چنان دشوار که خوانندهٔ ناورزیده درمیان راه فرو-میماندوهر گونه امید بدرك مطلب را ازدست میدهد.

اگر این دو نوع نوشته را از آنچه «ادبیات علمی قابل فهم عموم» خوانده میشود برداریم آنچه باقی میماند بسیارقلیل است، اما باهمه قلت خود بسیار گرانبهاست. بسیارمهم است که برای عامهٔ مردم فرصت آن دست دهد که باچشم بازودل هوشیار حاصل کوششها ونتیجهٔ مساعی علمی رابتجربه

دریابند. کافی نیست که هر نتیجهٔ علمی را معدودی از متخصصان دررشتهٔ مربوط بدست گیرند و آنراشرح وبسط دهند. منحصر ساختن مجموعهٔ دانش بشری بمردمی معدود روح فلسفی را دراکثریت میکشد و فقر معنوی ببار میآورد.

کتاب لینکن بارنت در تفهیم علم بعامه کمکی شایان میکند. دراین کتاباصول اساسی فرضیهٔ نسبیت بنحوی روشن بیان شده و، علاوه بر آن، معلومات و اطلاعات امروزی ما در علم فیزیك بنحوی استادانه مجسم گردیده‌اند.

مؤلف نشان میدهد که چگونه کوشش ما برای رسیدن بیك مفهوم نظری واحد، که شامل همهٔ معلومات تجربی باشد، دست بدست پیشرفت واقعی علمی داده ووضعی بوجود آورده است که، باوجود همه موفقیتهائی که نصیب ما ساخته، مارا درتردید ودودلی گذاشته است که کدام یك از مفاهیم اساسی را باید پذیرفت.

پرینستن، نیوجرسی

۱۰ سپتامبر ۱۹۴۸

۱

در دیوارهای سنگ سفید کلیسای ریورساید (۱) نیویورک پیکر ششصد تن ازبزرگان روزگار، از مردان خدا تافیلسوفان وپادشاهان، دردل سنگ آهک تراشیده شده وبآنان عمرجاودانی اعطا گردیده‌است واینک باچشمانی بی‌فروغ، که مرگ رابرآنهادست تطاول نتواند رسید، نگران فضا وزمان هستند. دریک بدنهٔ دیوار نوابغ عالم علم، که شمارهٔ شان بچهارده میرسد، حجاری شده وقرنهاتاریخ را، ازابقراط، که درحدود ۳۷۰ سال پیش ازمیلاد مسیح چشم ازجهان فروبسته، تاآلبرت اینشتاین، که در ماه مارس ۱۹۴۹ هفتادمین مرحلهٔ عمررا پیموده‌است، بهم مربوط میسازد.

نکتهٔ شایان توجه آنکه درمیان این مجموعهٔ مردان نامور تنها اینشتاین درقید حیات است وديگران دیری است که‌روی‌ازجهان خاکی برتافته‌اند.

نکتهٔ دیگری هم که‌درخوردقت است آنست که‌ازهزاران مردمی که هرهفته، درپی‌عبادت، بدیدنی ترین کلیسای پرتستان نیویورک روی میآورند شاید نودونه درصد ندانند که چرا وچگونه پیکراینشتاین در آنجاست. تفصیل این اجمال آنکه نزدیک بسی سال پیش، که طرح نقش ونگار کلیسا ریخته میشد، دکترهاری امرسن فاسدیک (۲) بگروهی از

Harry Emerson Fosdik (۲) Riverside (۱)

عالمان نامی کشور نامه هائی نوشت واز آنان خواست که نام چهارده‌تن از بزرگترین مردان علم را برایش بنویسند. صورتها رسید. عقیده ها متفاوت بود. بیشتر نویسندگان نام ارشمیدس، اقلیدس، گالیله و نیوتن‌را درسیاههٔ‌خود جاداده بودند، اما همهٔ آنان دربارهٔ آلبرت اینشتاین اتفاق عقیده داشتند.

از طلوع عظمت علمی اینشتاین، یعنی از ۱۹۰۵ که فرضیهٔ نسبی او برای نخستین بار نشرشد، تازمانی که مردم باین عظمت و علو مقام پی بردند چهل سال طول کشید و این فاصلهٔ زمانی نشانهٔ خلاء بزرگی است که دردستگاه تربیتی امریکائی وجود دارد. امروز بیشتر کسانی که روزنامه میخوانند کم و بیش میدانند که بمب اتمی را با اینشتاین ارتباطی بوده است، امااز‌اینکه بگذریم نام‌وی مرادف باغوامض ومعضلات است. بااینکه امروز فرضیه های‌او باهیکل علم آمیخته وعجین شده‌اند هنوز در برنامه های تحصیلی جائی ندارند. پس عجب‌نیست اگر کسی که تحصیلات دانشگاهی را هم دیده‌باشد اینشتاین رابجای کاشف برخی قوانین کیهانی، که درتلاش مستمر، ولی کند، انسان برای درك حقیقت جهان جسمانی ومادی حائزاهمیت‌فراوانند، دانشمندی‌خیالباف و«سور رئالیست» بداند. غافل ازاینکه اهمیت نظریهٔ نسبیت‌فقط درجنبهٔ علمی آن‌نیست بلکه بیشتر ازآن نظراست که این‌نظریه خودیك دستگاه بزرك فلسفی است که نتیجهٔ کارهای‌فکری فیلسوفان‌بزرگی، مانند لاك (۱) وبرکلی (۲) وهیوم (۳)، راکه درراه شناخت جهان وچگونگی آن قدم‌برداشته‌اند وسیعتر و روشنتر میگرداند. چنین‌کسی ازوسعت ونظام مرموزجهانی

Hume (۳) Berkeley (۲) Locke (۱)

که جایگاه اواست تصوری بسیار ناچیز دارد.

دکتر اینشتاین، که اکنون استاد افتخاری [۱] «مؤسسهٔ مطالعات عالیهٔ» پرینستن است، این روزها سر گرم اتمام کار مسئله ایست که بیش ازیک ربع قرن است که با آن گلاویز است وحال چنین مینماید که بحل آن موفق شده باشد. این مسئله همان است که باصطلاح خود او «نظریهٔ حوزهٔ یکی شده» [۲] نام دارد و درضمن یك رشته معادلات متقابل ومتوافق قوانین فیزیکی را که مدار کار دوقوهٔ اساسی جهان، یعنی ثقل (جاذبه) والکترومانیه تیسم، است بیان میکنند.

اهمیت این امرفقط وقتی معلوم خواهدشد که توجه کنیم که اصولا کلیه آثار وکیفیات طبیعت مولود ونتیجهٔ این دوقوهٔ اساسی هستند.

بااینکه بشر از اوایل دوران یونانیان بوجود برق ومغناطیس پی برده بود تاصد سال پیش آنهارا مقدارهائی از یکدیگر جدامیدانست. اما آزمایشهای ارستد [۳] وفاراده [۴]، درقرن نوزدهم، مسلم ساخت که جریان برق را همیشه یك میدان مغناطیسی احاطه کرده است، و بعکس، تحت شرایط معین، ممکن است قوای مغناطیسی جریانهای الکتریکی القانمایند. حاصل این آزمایش کشف میدان برق ومغناطیسی (الکترومانیه تیك) بود که امواج نور وامواج رادیووسایر امواجی که درفضا سیرمیکنند ازمیان آن میگذرند. بدین ترتیب برق و مغناطیس

(۱) Professor Emeritus بمعنی استاد افتخاری باآنچه نزدما معمولا است فرق دارد. ما افتخاری بکسی میگوئیم که برایگان خدمتی انجام دهد اما پرفسور ایمریتس استادی است که بازنشسته شده باشد اما بپاس خدمات گذشته ازهمه مزایای استادی رسمی برخوردار باشد.

(۲) Unified Field Theory

(۳) OErsted

(۴) Faraday

رامیتوان قوه ای واحد دانست. جزقوۀ جاذبۀ عمومی تقریباً همۀقوای دیگری که درجهان مادی مؤثرند، مانند نیروی اصطکاك و نیروی شیمیائی که در ذرات (ملکولهای) جسم اتمهارا بیکدیگر مربوط میسازند، و قوای اتصالی که ذرات بزرگترمواد را بهم ربط میدهند، وقوای ارتجاعی که سبب پایداری شکل اجسام میشوند، همه ریشه ومنشأ برق ومغناطیسی دارند؛ چون همۀ آنها حاصل کشاکش ماده هستند وماده هم مرکب از اتمهائی است که بنوبۀ خوداز ذرات الکتریکی ترکیب شده اند. امامیان آثار جاذبۀ عمومی و آثار برق ومغناطیسی هم شباهتهای بسیارشایان توجه وجالب دقت وجوددارد. سیارات درمیدان جاذبۀ خورشید میچرخند والکترونها درمیدان برق ومغناطیسی هستۀ اتمی؛ زمین خود مغناطیس بزرگی است واین حقیقت، بخصوص برهر کسی که باقطبنما سر و کار داشته باشد، آشکاراست؛ خورشید هم دارای یك حوزۀ مغناطیسی است؛ همچنین است حال دیگر ستارگان.

باآنکه کوشش بسیار شده است که جاذبۀ عمومی را مانند یك کیفیت برق و مغناطیسی بشناسند تاکنون همه کوششها نقش برآب گردیده است. اینشتاین خود درسال ۱۹۲۹ گمان برد که بیکی کردن این دواثر توفیق یافته است ودرهمان سال نوشته‌ای در بارۀ «نظریۀ میدان یکی شده» (۱) منتشرساخت، امابعداً از آن عدول کرد، زیرا که آنرا وافی بتوضیح مقصود نیافت. تئوری جدید او که دراواخرسال ۱۹۴۹ ساخته وپرداخته شد متهورانه تر ودامنه دارتر از نظریۀ قبلی است، چوشامل یك رشته قوانین جهانی است که نه تنها حوزه های بیکران جاذبۀ عمومی وبرق و

(۱) Unified Field Theory

مغناطیسی فضای بی‌انتهای بین ستارگان را شامل است بلکه مط...ر
برحوزهٔ دهشتناك ، اما بسیار کوچك ، درون اتم نیز اطلاق شود . هنوز
ماهها ، بلکه سالها ، کار مداوم علمی و تجربهٔ ریاضی لازم‌است تابتوان
فهمید که‌تئوری جدید «میدان یکی‌شده» بهدف خواهد رسید یانه . اما
اگرشاهد مقصود دربر گرفته‌شود درپرتو نظریهٔ جدید عالمگیر اینشتاین
شکافی که‌اکنون«عالم بی‌نهایت بزرك »[۱] رااز«عالم بی‌نهایت کوچك»[۲]
جدا میکند ازمیان خواهد رفت و این جهان معضل و پیچیده ومرموز
چنان یکنواخت و متجانس خواهدشد که در آن ماده را از کار مایه
(انرژی) باز نتوان شناخت و انواع واقسام حرکات ، از گردش آرام
کهکشانها تا فرار وحشی صفت الکترونها ، درحکم تغییراتی خواهند
بود که دروضع حوزهٔ اصلی ، که همهٔ حرکات‌درآن انجام میشوند ، روی
خواهد داد .

چون هدف‌علم توضیح وتوصیف جهانی‌است که ما درآن‌زندگی
میکنیم اینشتاین ، که جنبه‌های گوناگون طبیعت را درقالب نظریه ای
عام‌ویکنواخت‌درآورده است ، به‌بهترین‌وجه باین‌هدف خواهدرسید.اما
باهرقدمی که‌بشردرپی کشف حقیقت‌برمیدارد معنی «توضیح» فشرده‌ترو
محدودتر میشود.هنوزعلم‌قادر نیست که‌درحقیقت‌واقع ماهیت برق‌ومغناطیس
(الکترومانیه‌تیزم) وجاذبه را « توضیح » کند ؛ آثار آنهارا میتوان‌اندازه
گرفت‌وحتی‌پیش بینی کرد اماحقیقت‌چگونگی آنها بره‌ابهمان‌اندازه‌معلوم

---

(۱) Macrocosmos
(۲) Microcosmos

است که برتالس ملیطی [1] ، که برای اولین بار در ۵۸۵ سال پیش از میلاد مسیح بتفکر درباره دلیل وجود برق در کهربا پرداخت ، معلوم بود . بسیاری از دانشمندان بکلی با این عقیده مخالفند که عاقبت روزی بشر خواهد توانست که بداند این نیروهای مرموز و نهفته چیستند . بقول برتراند رسل [2] «الکتریسته کلیسانیست که «چیز» باشد، بلکه الکتریسته کیفیتی است درچیزها. وقتی بیان کنیم که چیزها تحت چه شرایطی دارای الکتریسته میشوندو وقتی که دارای الکتریسته شدند چه حالتی پیدا میکنندو منشأ چه آثاری میگردند ، آنچه راکه قابل گفتن است گفته‌ایم و دیگر هیچ بآن نمیتوانیم افزود». تااین اواخر دانشمندان چنین نظری را نمیتوانستند پسندید. ارسطو، که عقایدش درعلوم طبیعی درمدت دوهزارسال عقول وافکار مغرب زمینیان را زیرسیطره و نفوذ خود داشت ، می پنداشت که بشر قادر است به نیروی استدلال از « بدیهیات » بکنه وحقیقت نهائی اشیاء برسد. مثلا از بدیهیات است که هرچیز جائی مخصوص خود دارد ، پس اشیاء می‌افتند برای اینکه بزمین تعلق دارند وجای مخصوصشان زمین است ، و دود بهوا میرود برای اینکه جای مخصوصش هواست .

---

(۱) Thales of Miletus . معروف است که روزی تالس قطعه کهربائی دردست داشت وبرای جلادادن آن باپارچهٔ ابریشمینی آنرا سخت مالش داد و وقتی آنرا روی میز گذاشت با نهایت تعجب دید که پر کوچکی ، که درآن نزدیکی بود ، حرکتی کرد و بکهربا چسبید. تالس کنجکاوشد وچندبار دیگر کهربارا برداشت وروی میز گذاشت اما پر حرکتی نکرد . عاقبت تالس بیادآورد که کهربارا پیش از گذاشتن روی میز باپارچه مالش داده‌است، بار دیگر آن کاررا کرد وباز پر بکهربا چسبید . الکتریسته باین طریق کشف شد ولی حقیقت آن وخواصش مجهول ماند تابعد ازدوهزارسال که مجدداً کشف گردید .

(۲) Bertrand Russell

هدف ... سطو و پیروان او از علم آن بود که بدانند « چرا » اتفاقی روی میـ...ـد ؛ علم نوین اززمانی بوجود آمد که گالیله سعی کرد بداند که « چگونه » اتفاقی روی میدهد. واز همان زمان روش تجربی، که امروز پایه واساس مطالعات علمی است ، پی گذاری شد.

ازمیان اکتشافات گالیله ونیوتن ، که یك نسل بعدازوی میزیست، یك جهان مکانیکی بوجود آمد که سراسر نیرو وفشار و کشش و نوسان وموج بود. بنظر میرسید که دیگر کیفیتی درطبیعت نمانده است که با آزمایشهای معمولی وعادی قابل توجیه نباشد یانتوان آنرابانمونه ومثالی مجسم ساخت ، ویاباقواعد وقوانین مکانیکی بسیاردقیق وحیرت انگیز نیوتن پیش بینی کرد.

اماهنوزصفحهٔ آخر کتاب قرن گذشته ورق نخورده بود که انحرافهائی درآن قواعد وقوانین مشهود افتاد. هرچنداین انحرافها جزئی وکوچك بوداماچنان پایه واساس استواری داشت که بنیاد عالم نوین را، که همچون ماشین بود، متزلزل ساخت. تقریباً بیست سال پیش درارکان این عقیده که « بکمك علم میتوان دانست که وقایع « چگونه » روی میدهند» رخنه پیدا شد.

حقیقت آنکه امروز بهیچ روی مسلم نیست که مرد دانشمند با « واقعیت » درتماس باشد یا امید آن داشته باشد که روزی با آن در تماس شود.

۲

عواملی راکه اولین بار موجب سست شدن ایمان فیزیك دانان به‌یك دنیای مکانیکی، که صاف وروان درگردش باشد، گردید بایددرداخل وخارج افق علم، یعنی درقلمرو افق نامرئی اتم ودرعرصهٔ بیکران فضای بین ستاره ها جستجوکرد. برای توصیف کم وکیف این پدیده ها [۱]، درفاصلهٔ بین سالهای ۱۹۰۰ تا ۱۹۲۷، دونظریهٔ بزرك علمی پیدا شد و توسعه یافت، یکی تئوری کوانتوم [۲] که موضوعش واحدهای اصلی ماده وکارمایه [۳] است و دومی نظریهٔ نسبیت [۴] که از فضا وزمان و ساختمان کلی جهان بحث میکند.

امروز این هردو نظریه ستونهای فیزیك جدید شناخته شده‌اند؛ هردو درقلمرو خود پدیده هارا بوسیله روابط معتبر ریاضی توصیف و تعیین میکنند، امـا هیچیك به «چگونهٔ» نیوتن جوابی نمیدهد،

---

(۱) Phenomena

(۲) Quantum Theory. کوانتوم، که جمعش کوانتا quanta است، درلغت بمعنی مقدار است ودرفیزیك واحدی است که درنظریهٔ کوانتوم برای کارمایه بکارمیرود. در نظریهٔ کوانتوم صدوریاجذب کارمایه ازطرف اتمها یاملکولها بصورت یك‌عمل مداوم انجام نمی‌شود بلکه‌درمراحل‌منقطع‌روی‌میدهدودرهرمرحله‌مقدارمعینی (کوانتوم) کارمایه‌صادریاجذب‌میگردد.

(۳) کار مایه لفظی است که مرحوم محمد علی فروغی برای انرژی وضع کرده‌است

(۴) Relativity

همچنان که قوانین نیوتن جوابی برای «چرا» ی ارسطو نیافتند. مثلا هردو معادلاتی داده اند که قوانین تشعشع و انتشار نور را به دقیقترین وجه توضیح میکنند اما چگونگی دستگاهی که بکمك آن اتم نور ساطع میکند ونور درفضا پراکنده میگردد هنوز ازرازهای پنهان طبیعت است. و نیز قواعدی که برپدیدهٔ «رادیو آکتیویته» حکومت میکنند برای مرد دانشمند پیشگوئی این امررا ممکن میسازند که در طول مدت معین ازمقدارمعینی اورانیوم فلان مقداراتم جداو متلاشی میشود، اما کدام اتمها متلاشی میشوند وچرا این اتمها محکوم بتلاشی وتباهی شده‌اند پرسشهائی است که انسان نمی‌تواندبآنها جوابی بدهد.

از وقتی که فیزیك دانها برای طبیعت توصیف ریاضی قائل شدند بناچار عالم عادی تجربی، یعنی دنیای محسوسات، را ترك گفتند. برای درك معنی این عقب نشینی باید بآنسوی خط نازکی که حد فاصل بین جهان حکمت طبیعی و عالم مابعدالطبیعه است قدم گذاریم.

از زمانی که سپیده دم عقل بشر دمید فکر فیلسوفان همواره باروابط میان ناظر (۱) و حقیقت ومیان حقایق ذهنی وعینی (۲) مشغول بوده است. ذیمقراطیس (۳)، حکیم یونانی، معتقد بود که «تلخ و شیرین، سرد و گرم، سرخ وسفید ورنگهای دیگرهمه درفکر ما وجوددارند نه درعالم خارج وحقیقی. آنچه‌واقعیت دارد ذراتی تغییرناپذیر، یعنی اتمها، هستندوحرکت آنهادرفضای خالی». گالیله هم میدانست ومعتقدبود که «صفات ظاهری ومحسوس اشیاء، مانندرنك وبو ومزه وصدا، صرفاً نتیجهٔ تصرف طبع آدمی است و آنهارا نمیتوان بخودآن اشیاء نسبت داد، همچنان که

Democritus (۳)   Object ، Subject (۲)   Observer (۱)

ناراحتی یاد دردی را که از دست زدن بچیزی عارض میشود نمیتوان بآن چیز منتسب دانست.»

جان لاك (۱)، فیلسوف انگلیسی، سعی کرد که صفات ماده را بدو دسته تقسیم کند و دسته‌ای را صفات اولیه یا اصلی (۲) و دستهٔ دیگر را صفات ثانویه یا فرعی (۳) بنامد، و باین ترتیب در کنه و جوهر اصلی مواد رسوخ کند. مثلا بعقیدهٔ او شکل و حرکت و جسمیت و همهٔ خواص هندسی اشیاء صفات اصلی و ذاتی آنها هستند و رنك و طعم و صدا صفات فرعی آنها، و صفات اخیر در حقیقت فقط انعکاس اشیاء اند در اعضاء مختلف حواس ما.

ساختگی بودن این تقسیم بندی در نظر متفکرانی که بعد از لاك آمدند از روز روشنتر بود.

لایب نیتز (٤)، ریاضی دان بزرك آلمانی، مدعی بود که میتواند ثابت کند که نه تنها روشنائی و رنك و گرمی و مانند آنها صفات ظاهری اشیاء اند بلکه حرکت و شکل و نمو اشیاء نیز چنین هستند؛ مثلا همانطور که حس بینائی حکم میکند که رنك توپ بازی سفید است حس لامسهٔ ما قضاوت مینماید که آن توپ صاف است و گرد و کوچك؛ و این صفات هم، مانند سفیدی، چیزی در بیرون حواس ما یا مستقل از قرار داد های ما نیستند.

باین ترتیب اندك اندك فیلسوفان و دانشمندان باین نتیجه بهت آور رسیدند که چون هر چیز فقط عبارت است از اوصاف آن و چون صفات فقط در ذهن وجود دارند همهٔ جهان ماده و کارمایه، از اتم تا ستاره، ساخته

---

(۱) John Locke
(۲) Primary
(۳) Secondary
(٤) Leibnitz

وپرداختهٔ ذهن (۱) ماست وبنائی است مرکب ازقرائن واماراتی که همه آفریدهٔ حواس آدمی است ، وبقول برکلی (۲) ، که دشمن سرسخت مسلك مادی (۳) بود: «همهٔ بساط آسمان وبسیط زمین وهمهٔ چیزهائی که دستگاه عظیم جهان راتشکیل داده‌اند ازخودجوهری ، وجزدرعالم ذهن وجودی ندارند . تاوقتی که تحت تأثیر حواس من واقع نشده ویا درذهن من ، یاذهن مخلوقی دیگر ، هستی نیافته‌اند یااصلا نیستند ویااگرهستند بناچار درذهن « ذاتی لایزال » موجودند . »

اینشتاین این استدلال منطقی را تاحدود نهائی کشانید ونشان‌داد که حتی زمان ومکان هم صورتهائی از «شهود» (٤) ماهستند وهمچنان که مفاهیم شکل ورنك واندازه را نمیتوان ازذهن ماجدادانست زمان و فضا را هم نمیتوان از آن جدا شناخت . فضا در واقع چیزی نیست جزنظم وترتیب اشیائی که مادرآن می‌بینیم وزمان‌وجودی ندارد مگر ترتیب وقایعی که بکمکشان آنرا اندازه میگیریم .



این ظرائف ودقایق فلسفی برروی علم نوین تأثیری عمیق دارند. زیراکه درهمان اثناکه فیلسوفان همهٔ حقایق عینی را بیك جهان وهمی ادراکات مبدل ساختند دانشمندان باکمال وحشت دریافتند که حواس آدمی تاچه اندازه محدود است . هرکس که تیغهٔ بلورین منشوری را برسر راه پرتو خورشید قرار دهد وباانکسار نورالوان رنگین کمان را

(۱) Conscience

(۲) Berkeley

(۳) ماتریالیسم

(٤) Intuition

بر روی پرده‌ای بنگرد تمام عرصهٔ قابل رویت نور را زیر نظر خواهد داشت زیرا که چشم ما فقط میتواند نوار باریکی از تشعشع نور را که بین سرخ و بنفش است درک کند. فاصلهٔ بین قسمتهای قابل رویت و غیر قابل رویت نور از یک چند صد هزارم سانتیمتر بیشتر نیست. طول موج نور سرخ ۰٫۰۰۰۰۷ سانتیمتر و طول موج نور بنفش ۰٫۰۰۰۰۴ سانتیمتر است.

اما خورشید تشعشعات دیگری هم دارد. مثلا شعاعهای زیر سرخ، [۱] که طول موجشان بین ۰٫۰۰۰۰۸ تا ۰٫۰۳۲ سانتیمتر است، اندکی بلندتر از آنند که بتوانند شبکیهٔ چشم را، بصورت نور، متأثر سازند ولی در پوست بدن بصورت حرارت تأثیر میکنند. همچنین شعاعهای بالاتر از بنفش، [۲] که طول موجهائی بین ۰٫۰۰۰۰۳ و ۰٫۰۰۰۰۰۱ سانتیمتر دارند، کوتاه‌تر از آنند که چشم بتواند آنها را درک کند، اما میتوان آنهارا بر صفحهٔ حساس عکاسی ضبط کرد. حتی با اشعهٔ مجهول [۳] هم، که طول موجشان از طول موج شعاعهای بالاتر از بنفش کمتر است، میتوان عکس گرفت. گذشته از آنچه گفته شد موجهای «برق و مغناطیسی [۴]» دیگری هستند که تواتر [۵] کمتر یا بیشتر دارند، مانند شعاعهای گامای [۶] رادیوم و امواج رادیوئی و اشعهٔ کیهانی که میتوان بصورتهای مختلف بوجود شان پی برد

---

(۱) Infrared (۲) Ultravi let (۳) X-rays

(۴) الکترومانیه تیک

(۵) فرکانس

(۶) Gamma Rays

و فرقشان باشعاعهای نور فقط در کوتاهی و بلندی موج است . پس بدیهی است که چشم انسان ازدیدن بیشتر «روشنائیها» محروم است و آنچه که بشر میتواند ازحقایقی که درپیرامون اواست درك کند ، بسبب محدود بودن حس بینائی ، بسیار ناچیز و مختصر است . اگر چشم او توانائی داشت که درمثل شعاعهای مجهول را درك کند جهان درنظر وی جلوه ای و صورتی دیگر داشت.

نور قابل رؤیت

طول موج سانتیمتر

طیف برق ومغناطیسی (۱) نوار باریکی از تشعشعات نور را ظاهر میسازد که درچشم انسان مرئی است . از جنبهٔ فیزیکی تنها اختلاف بین امواج رادیوئی و نور قابل رویت وتشعشعاتی مانند اشعهٔ مجهول واشعهٔ گاما ، که تواتر خیلی زیاد (۲) دارند ، فقط درطول موج آنهاست اما درمیان این تشعشعات وسیع برق ومغناطیسی ، یعنی از اشعهٔ کیهانی که طول موجشان یك ملیون ملیونم (۰٫۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱) سانتیمتر است تاامواج بی نهایت بلند رادیوئی، چشم ما فقط نوار باریکی را میتواند درك کند که در شکل بالا برنك سیاه نموده شده است .

باین ترتیب آنچه که انسان ازجهان بیکرانی که منزلگه اوست میتواند درك کند بسیار ناچیز است ، زیرا که حس باصرهٔ وی خیلی محدود است . طول موجها درشکل بالا با قوی ۱۰ نموده شده اند:

مثلا :

$$۱۰^{۳} = ۱۰ \times ۱۰ \times ۱۰ = ۱۰۰۰$$

یا

$$۱۰^{-۳} = \frac{۱}{۱۰} \times \frac{۱}{۱۰} \times \frac{۱}{۱۰} = \frac{۱}{۱۰۰۰}$$

(۱) الکترو مانیه تیك

(۲) High frequençe یا پربسامد

اکنون که دریافته‌ایم که آنچه‌ازجهان وهرچه در آن‌است میدانیم ازتاثراتی است که بسبب نقص حواس مابصورتی‌محو ومبهم درآمده‌است کوشش برای درك حقیقت حاصلی جز نومیدی نخواهد داشت . اگـر هرچیز جزدرحدودی که قابل احساس و درك است وجود نداشته باشد جهان درنظر هرفرد انبوهی مبهم و درهم وبرهم از مستدرکات خود او خواهدبود . اما نظام شگفت آوری بر آنچه ما درك میکنیم حکومت میکند ، چنان که گوئی‌قشری ازواقعیت عینی درزیر قشرهای دیگر نهفته است وحواس ما آنراتعبیروتفسیر میکنند . هرچند مسلم نیست که‌دو نفر ازیك رنك یایك آهنك‌بیك نحومتاثرشوند بازمیتوان پایه ومبنا رابراین فرض استوار کردکـه همهٔ افرادکم وبیش رنگهارا بیك نحو می بینند و آهنگها را بیك منوال می‌شنوند .

حکیمانی چون برکلی ودکارت واسپینوزا این‌هم آهنگی گردش طبیعت را به «خدا» نسبت میدادند . فیزیك دانان جدید ، کـه ترجیح میدهند دست خداراازکارهاکوتاه کنند (هرچنداین‌امر هرلحظه‌دشوارتر میشود) تأکید میکنند که مدار کار طبیعت‌بنحوی مرموز برمبانی‌ریاضی استوار است . همین مبتنی بودن کارهای جهان براصول ریاضی است که دانشمندانی مانند اینشتاین را ، که جز باعلوم نظری سروکارنـدارند ، موفق میسازد که فقط باحل معادلات ریاضی قوانین و قـواعد طبیعی را پیشگوئی و کشف کنند .

تناقضی که امروز درکار فیزیك وجود دارد اینست کـه هرقدر وسایل کار ریاضی آن‌بهترمیشود شکافی که بین عالم واقعی وشخص‌ناظر وجود دارد عمیقترمیگردد .

شاید این معنی شایان توجه بسیار باشد که انسان ازحیث اندازه بینابین‌عالم کبیر [۱]، یابی‌نهایت بزرك، وعالم‌صغیر [۲]، یابی‌نهایت کوچك، قرار دارد؛ یعنی‌همان اندازه که بزرگترین ستاره ها از انسان بزرگتر است کوچکترین مقدار فیزیکی، یعنی‌الکترون، از او کوچکتر میباشد. پس عجب نیست که هرچه عرصه های طبیعت از این آدمی، که درچهار دیوار حواس خود محبوس است، دورتر باشد اسراری که در آنها نهفته است بیشتر است؛ وهم‌نه جای شگفتی‌است‌اگرعلم، که نتوانسته است ابتدا و انتهای حدود واقعیت‌را بااستعارات عادی فیزیك کلاسیك تعیین و تبیین نماید، بروابط ریاضی، بهرصورت که پیش آید، دلخوش دارد و اکتفاکند.

(۱) Macrocosme
(۲) microcosme

۳

درسال ۱۹۰۰ علم اولین قدم را برای عطف توجه از جنبهٔ حسی وماشینی بجنبهٔ مجرد وریاضی برداشت . دراین سال ماکس پلانک [۱] تئوری کوانتوم خودرا عرضه کردتابکمك آن به برخی ازمسائل که درمطالعات وابسته به تشعشعات الکتریکی پیش آمده بودجواب گوید. همه کس میداند که وقتی جسمی راآنقدر حرارت دهند که بحال التهاب درآید نخست نور سرخی از آن ساطع میشود که بتدریج ، هرچه درجهٔ حرارت بیشتر شود ، برنك نارنجی وزرد وسفید درمیآید . درقرن گذشته نهایت مجاهدت بعمل آمد شاید قانونی بیان شود که رابطهٔ بین مقدار کارمایه‌ای (انرژی) راکه ازاینگونه اجسام ملتهب متشعشع میشود با طول موج و درجهٔ حرارت معین کند. کوششها بجائی نرسید تاوقتی که پلانك بامحاسبات ریاضی معادله‌ای یافت که بانتایج تجربی میخواند . صفت مشخصهٔ فوق-العادهٔ معادلهٔ او مبتنی بودن آن براین فرض بود که کارمایه‌ای که ازاجسام ملتهب متشعشع میگردد بصورت جریانی متصل ومداوم نیست بلکه بشکل اجزاء منقطعی است که وی آنها را کوانتا نامید .

پلانك برای گفتهٔ خود دلیل وبرهانی نداشت ، چون هیچکس

Max Planck (۱)

دربارهٔ حقیقت دستگاه تشعشع چیزی نمیدانست (وهنوزهم نمیدانند)، اما از برخی مبانی کاملا نظری نتیجه گرفت که هر کوانتوم دارای مقداری کارمایه است که از رابطهٔ $E = h\nu$ بدست میآید. دراین رابطه ν عبارتست از تواتر (فرکانس) تشعشع و h عدد ثابت بسیار کوچکی است در حدود ۶۶۲۴ $\times$ ۱۰

۰٫۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۶۶۲۴

که عدد ثابت پلانك نامیده میشود واز آن زمان ببعد مسلم شده است که یکی ازمهمترین عددهای ثابت طبیعت است . درهر تشعشع هر گاه مقدار کارمایه ایرا که ساطع میشود به تواتر تقسیم کنیم خارج قسمت h خواهد بود . بااینکه بیشتر از پنجاه سال است که عدد ثابت پلانك برمحاسبات فیزیك اتمی حکومت میکند هنوزدربارهٔ حقیقت مقدار آن، مانندحقیقت مقدار سرعت نور، توضیح روشنی نمیتوان داد وماننـد عدد های ثابت جهانی دیگر یك حقیقت ریاضی است که دربارهٔ آن توضیحی میسر نیست. گویا، همچنانکه آرثرادینگتن [۱] خاطرنشان ساخته است، هیچ قانون حقیقی طبیعت برای مرد دانشمند حسابگر قابل احتساب نباشد. پس، بنظر او، اصل کوانتوم نیز یك قاعده وقانون واقعی طبیعی است که علم بکشف آن توفیق یافته است.

☆ ☆ ☆

نتایج دامنه دار نظریهٔ پلانك فقط درسال ۱۹۰۵ ظاهر گردید، یعنی وقتی که اینشتاین، که درمیان فیزیك دانان زمان تنهاکسی بود که باعتبار آن نظریه پی برده بود، آنرادرقلمروعلمی دیگری واردساخت. پلانك

(۱) Arthur Eddington

می پنداشت که فقط معادلات تشعشع حرارت راپیدا کرده است اما اینشتاین اعلام داشت که هر نوع کارمایهٔ تشعشعی ـ مانند نور و حرارت و شعاعهای مجهول ـ بشکل کوانتومهای مجزا و منفصل درفضا سیر میکنند. پس اگر وقتی روبروی آتش نشسته ایم احساس گرمی می کنیم نتیجهٔ آنست که پوست بدن ما بوسیلهٔ تعداد بیشماری کوانتومهای حرارتی که در حال تشعشع است بمباران میشود؛ و نیز دیدن رنگهای مختلف نتیجهٔ بمباران شدن اعصاب حس بینائی است بوسیله کوانتومهای نور که تواتر آنها تابع دستور $E = h\nu$ است.

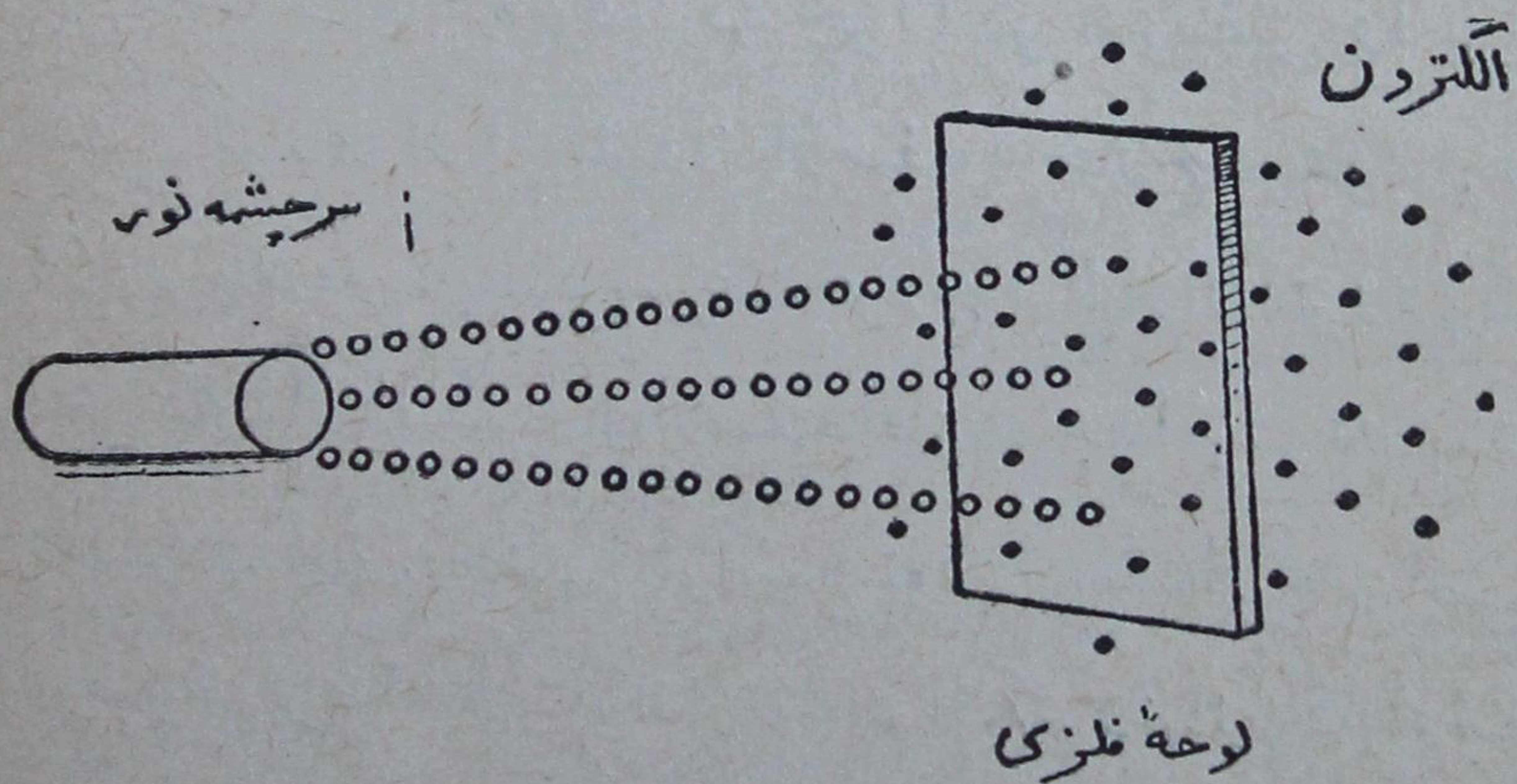
اینشتاین این فکر را باین نحو تجسم بخشید که قانونی آورد که پدیدهٔ بسیار بغرنج فتوالکتریک (۱) را تبیین و توضیح نمود. فیزیکدانان درجواب این معما درمانده بودند که چرا اگر نوربنفش را بریک صفحهٔ فلزی بتابانند رگباری از الکترون از صفحه خارج میشود و هر گاه نور سرخ یازرد را بر صفحه بتابانند سرعت خروج رگبار الکترونی کمتر است. مدت و سرعتی که با آن الکترونها ازصفحهٔ فلزی جدامیشوند بستگی برنگ نور دارد نه بشدت آن. حتی اگر منبع نور را بمقدار معتنابهی دور کنند وفقط شعاع ضعیفی بر صفحه بتابانند تعداد الکترونهائی که ازصفحه خارج میشوند کمتر میشود اما سرعت آن بهیچ روی کاهش نمی یابد، حتی اگر منبع نورقابل رویت نباشد.

اینشتاین معتقد شد که این کیفیت شگفت راتنها باین نحو باید تعبیر کرد که هر نوری ازذرات یادانه‌های مخصوص کارمایه بنام «فوتون» (۲) تشکیل گردیده است. وقتی که یکی ازاین فوتونها بالکترونی اصابت

---

(۱) Photo - electric
(۲) Photon

کند تأثیرش مانند اصابت دو توپ بیلیارد به یکدیگر است . بعدها اینشتاین استدلال کرد که کارمایهٔ مخزون در فوتونهای نور بنفش و بالاتر از بنفش و هر تشعشع دیگری که تواتر زیادتر داشته باشد بیشتر از کارمایه ایست که در فوتونهای نور سرخ یا زیر سرخ ذخیره شده‌است و سرعت جدا شدن الکترونها از صفحهٔ فلزی متناسب است با کارمایهٔ موجود در فوتونی که بآن اصابت میکند . اینشتاین این اصول را بکمك یك سلسله معادلات مهم بیان کرد که هم جایزهٔ نوبل را نصیب وی کردند وهم در کارهای بعدی فیزیك اتمی وطیفی تأثیر شایان داشتند . بشر وجود تلویزیون و موارد دیگر استعمال پیلهای فتوالکتریك را مرهون قانون فتوالکتریك اینشتاین است .



اثر فتوالکتریك را اینشتاین در ۱۹۰۵ تفسیر کرد . وقتی که نور بریك صفحهٔ فلزی بتابد رگباری از صفحه خارج میشود . این کیفیت بائئوری موجی نور ، که سابقاً مورد قبول بود ، سازگار نیست . اینشتاین اینطور فهمید که نور یك جریان مداوم کارمایه نیست بلکه از ذرات منفرد یادسته های ذرات کارمایه ترکیب شده است واو آنهارا فوتون نامید . وقتی که فوتونی باالکترونی بخورد همان تأثیری را دارد که اصابت دوتوپ بیلیارد بیکدیگر دارد ودرشکل بالا چگونگی آن نموده شده است.

باین ترتیب اینشتاین اصل جدید مهمی را درفیزیك بیان کرد و

درهمان حال ازیکی ازپنهان ترین و مزاحم‌ترین معماهای طبیعت پرده برداشت. امروز دیگر برهیچکس پوشیده نیست که ماده ازاتمهائی ساخته شده است که بنوبهٔ خود ازواحدهای کوچکتری بنام الکترون و نوترون[۱] وپروتون[۲] ترکیب گردیده اند. اما این نظر تازهٔ اینشتاین که نوررا مرکب ازذرات مجزا ومنفصل معرفی میکرد باتئوری معروف دیگری که نوررا مرکب از امواج میدانست سازگار نبود.

در حقیقت بعضی کیفیات درنور دیده میشود که توضیح آنها فقط باتئوری موجی میسر است. مثلا سایه‌های اشیاء معمولی، مانند خانه و درخت وتیرهای تلگراف، درست و بوضوح پدیدارند اما اگر مفتول یا تارموی نازکی رابین منبع نوروصفحه‌ای نگاه داریم بهیچوجه سایهٔ مشخص و واضحی برصفحه نمی‌افتد، واین معنی میرساند که امواج نور در بر خورد باتارمومنکسر شده اند، بهمان قسم که امواج آب دراطراف تخته سنك کوچکی منحرف میشوند وتغییرجهت میدهند. همچنین پرتو نوری که از روزنهٔ گردی میگذرد قرص نورانی گردی برصفحه می‌افکند که دورهٔ آن بوضوح مرتسم گردیده‌است، امااگر روزنه را به تنگی سوراخ سوزن بگیریم دیگر یك قرص نورانی باپیرامون مشخص برصفحه‌دیده نمی‌شود بلکه برروی آن یك رشته دایره‌های هم‌مرکز مشاهده میگردند که متناوباً روشن وتاریك هستند وشباهت بهدفهائی دارند که درمیدانهای تیراندازی بکار میرود. این کیفیت را تفرق[۳] میگویند و آنرا همانند

---

(۱) Neutron

(۲) Proton

(۳) Diffraction

این خاصیت امواج دریا میدانند که چون ازدهانهٔ کم عرض لنگر گاهی وبندری میگذرند متفرق واز یکدیگر دورمیشوند . هرگاه بجای یك سوراخ سوزن دو سوراخ سوزن که پهلوی هم وخیلی بهم نزدیك باشند بکار ببریم نتایج تفرق درهم می آمیزند وبصورت یك سلسله نوارهای باریك متوازی درمیآیند. همانقسم که اگر دراستخر آبی دورشته موج بیکدیگر برسند اگر برآمدگیهای یك سلسله بربرآمدگیهای سلسله دیگر منطبق شوند یکدیگر را تقویت میکنند وموج بزرگتری بوجود میآورند اما اگر یك برآمدگی ویك فرورفتگی باهم ترکیب شوند اثر یکدیگر را خنثی میکنند ، درمورد ته سوزنهای مجاور، نوارهای روشن درجاهائی تشکیل میشوند که دو موج نور یکدیگر را تقویت میکنند ونوارهای تاریك در جاهائی که امواج با یکدیگر تداخل ویکدیگر را خنثی مینمایند . باید دانست که این کیفیات ، یعنی تفرق وتداخل ، از خصایص موجند واگر نور از ذرات مجزا ومنفصل ساخته شده بود چنین چیزهائی روی نمیداد . حاصل بیشتر ازدوقرن آزمایش وکارنظری این بودکه نور باید عبارت باشد ازامواج ، وعلی رغم تمام اینها قانون فتو الکتریك اینشتاین نشان میدهد که نور باید عبارت باشدازفوتونها .

باین پرسش اساسی که نور موج است یاذره هنوز جوابی داده نشده است . این صفت دو حقیقتی (۱) که در نور هست جلوه ایست ازدوحقیقتی عمیقتر وجالبتری که درتمام طبیعت مشهوداست .



نخستین اشارتی که باین دوحقیقتی عجیب رفت درسال ۱۹۲۵ بود

(۱) Duality

که فیزیك دان فرانسوی جوان ، بنام لوی دوبروگلی (۱) ، اعلام داشت که برای اینکه کیفیاتی را که متضمن درهم آمیختگی ماده و تشعشع است بهتر درك كنيم باید الکترونهارا دستگاههائی از امواج بشمار آوریم نه بصورت ذرات منفرد . این عقیدهٔ متهورانه اساس بیست سال تحقیق و مطالعه دربارهٔ کوانتوم را بیکباره درهم ریخت ، حال آنکه دراین مدت علمای فیزیك اندیشه های خاص دربارهٔ ذرات ماده پیدا کرده بودند. تا آنزمان اتم رابمشابه منظومهٔ شمسی کوچکی فرض میکردند که مرکب از یك هستهٔ مرکزی بود که گرداگرد آنرا تعداد متغیری الکترون فرا-گرفته بود (درئیدرژن تعداد الکترونها یکی ودراورانیوم ۹۲) والکترونها همه درروی مدارهای مستدیر یا بیضی شکل میگردیدند . اما وضع الکترون باین وضوح نبود . آزمایشهائی که شده بود نشان میداد که تمام الکترونها تقریباً دارای جرم وبارالکتریکی متساوی هستند وباین سبب بطور طبیعی ، بمنزلهٔ سنگهای پی ساختمان بشمار میآمدند . همچنین درآغازکار ، بی آنکه اشکالی بنظر برسد ، الکترونهارا گویهائی سخت وقابل ارتجاع میدانستند اما رفته رفته ، باپیشرفت تحقیقات ، معلوم شد الکترونها گریز پاتر از آنند که تصور میرفت وحاضر نیستند که تحت مشاهده و اندازه گیری قرار گیرند . وضع الکترونها بسیار پیچیده تر وبغرنج تر از آن مینمود که بتوان ذرات مادیشان دانست . بقول سرجمس جنز (۲) ، فیزیك دان بریتانیائی ، « گوی سخت همیشه در فضا وضعی معین دارد والکترون چنین نیست ؛ گوی سخت مقدار معینی جا اشغال

---

(۱) Louis de Broglie

(۲) Sin James Jeans

میکند. اما تحقیق آنکه یك الکترون چقدر جا میگیرد درست همان اندازه بی‌معنی است که بخواهیم تحقیق کنیم که یك ترس، یایك اضطراب، یایك نگرانی چقدرجا اشغال مینماید.»

اندك زمانی پس از آنکه دوبروگلی نظرخودرا دربارهٔ «امواج ماده» اعلام کرد یك فیزیك دان اتریشی (اهل وین) بنام شرودینگر [۱] همان فکررا بیك صورت روشن ریاضی پروراند ودستگاهی پدیدآورد که میتوانست پدیدهٔ کوانتوم را بوسیلهٔ نسبت دادن خواص موجی بـه الکترونها و پروتونها توجیه وتوضیح کند. این دستگاه، که به «مکانیك موجها» معروف است، در۱۹۲۷ که دودانشمندامریکائی بنام دیویسن [۲] وجرمر [۳] باآزمایشهای خود باثبات رساندند که الکترونها بالفعل از خود خصایص موجی بروزمیدهندتایید وتحکیم شد. دودانشمند نامبرده شعاعی ازالکترونها بریك بلور [۴] فلزی تاباندند وخطوط تفرقی شبیه بخطوطی که بهنگام گذشتن نور ازسوراخ سوزن حاصل میشود بدست آوردند. بعلاوه اندازه گیریهای آنان نشان داد که طول موج یك الکترون درست بهمان مقدار دقیقی است که معادلهٔ دوبروگلی پیشگوئی میکند، یعنی معادلهٔ $\lambda = h / mv$ که در آن v سرعت و m جرم الکترون و h عدد ثابت پلانك است. اما هنوزشگفتیهای دیگری درکمین بود، چوآزمایشهای

---

(۱) Shrödinger

(۲) Davisson

(۳) Germer

(۴) Cristal. بلور یاکریستال که اتمهای ترکیب کننده‌اش بسیار منظم هستند وفضای بین آنها بسیار محدود وتنك است برای طول موجهای بسیار کوتاه مانند طول موج اشعهٔ مجهول بعنوان وسیلهٔ تفرق djffraction grating بکارمیرود.

بعدی نشان داد که نه‌تنها الکترونها بلکه اتمها وملکولها هم ، وقتی در برخورد بایك سطح بلور متفرق میشوند ، تولید موج میکنند و طول موجشان درست همان است که دوبروگلی و شرودینگر پیشگوئی کرده‌بودند ، باین ترتیب کلیه واحدهای اساسی ماده ، یعنی آنچه کلارك ماکس ول (۱) «پی‌های فناناپذیر جهان» نامیده بود ، اندك‌اندك جوهر وهستی خودرا ازدست دادند . آن الکترون کروی سابق بصورت یك‌بار مواج الکتریکی درآمد واتم‌هم دستگاهی شد مرکب ازامواج برهم‌ـ خفته ومتراکم. پس نتیجه جزاین‌نبود که گفته شود هرماده ای ازامواج ساخته شده ومادردنیای امواج بسرمیبریم .

تناقض بین وجودامواج ماده ، ازیك طرف ، وذرات نور، ازطرف دیگر ، دردهۀ قبل ازجنك دوم جهانی درنتیجۀ چندپیشرفت علمی حل شد وازمیان رفت. هایزنبرك (۲) وبرن (۳) ، فیزیك دانان آلمانی ،شکافی راکه وجود داشت پر کردند باین‌نحو که یك دستگاه ریاضی جدید بوجود آوردند که بموجب آن ممکن بود پدیدۀ کوانتوم را بدقت تمام بدلخواه برحسب امواج یابرحسب ذرات توصیف کرد . دستگاه ریاضی آنان مبتنی براندیشه‌ای‌بود که درفلسفۀ علم نفوذی عمیق داشت . این دودانشمند معتقد بودند که فیزیك دان‌بعبث وقت خودرا صرف مطالعۀ یك الکترون تنهامیکند حال آنکه در آزمایشگاه سروکاراو باشعاعها یا رگبارهای الکترونی است که هریك دارای میلیاردها ذره یاموج منفرد هستند. پس سروکار دانشمندان فقط باخواص ونتایج حاصل ازتوده‌های

(۱) J. Clerk Maxwell

(۲) Heisenberg

(۳) Born

الکترون است ، یعنی با آمار وقوانین احتمالات و تصادفات . پس درعمل تفاوت نمیکنند که فردفرد الکترونها عبارت ازذرات باشند یادستگاههای امواج ، وقتی که آنهارا دسته‌جمعی درنظر بگیریم تصورشان بهردوصورت درست است . مثلا ، اگر دو فیزیکدان درکنار دریا چشم باموج دوخته باشند ممکن است یکی ازآنان موج را بدین مضمون تعریف کند که « خواص وشدت آن درکمال وضوح بوسیلهٔ وضع برآمدگی و فرو رفتگی آن مشخص میگردند » ودیگری هم باهمان دقت معتقد باشدکه « اهمیت آنچه‌که برآمدگی موج نامیده میشود در این است که از فرورفتگی موج مقدار بیشتری ملکول آب دارد » . بهمین وجه برن عبارتی راکه شرودینگر درمعادلات خودبرای بیان‌تابع موجی بکار برده‌بود گرفت وآنرا ازجنبهٔ آماری بنوعی « احتمال» تعبیر کرد ؛ یعنی‌شدت‌هرقسمت موج رابمنزلهٔ اندازهٔ ذراتی‌دانست که‌احتمالا در آن نقطه توزیع شده‌باشند . باین‌نحو اودرپدیدهٔ تفرق ، که‌تاآنزمان فقط بوسیلهٔ‌نظریهٔ موجی قابل‌توجیه دانسته میشد ، احتمال‌داد که‌برخی اجسام خیلی کوچك - مانند کوانتومهای نور یامانند الکترونها- مسیر معینی را دنبال کنند وبجای معینی برسند . باین ترتیب « امواج ماده » به « امواج احتمالات » مبدل گردید . دیگر صحبت آن نیست که ما با الکترون‌سر و کار داریم ، یابااتم ، یابایك موج‌احتمال؛ معادلات‌هایزن‌برك وبرن برای هر کدام از اینها صحیح است . دیگرما مختاریم که خود را در یك دنیای امواج بدانیم یایك دنیای ذرات ، و یابقول یك دانشمند شوخ طبع در یك دنیای « ذره موجها »

٤

فیزیك کوانتومی ازطرفی روابطی راکه برواحدهای اصلی تشعشع وماده حکومت میکنند بانهایت دقت تعیین میکند و از طرفی وضع حقیقی هردورا مبهم وتاریك میسازد . بسیاری ازفیزیك دانان جدید کوشش برای درك حقیقت هرچیز را ناشی ازساده دلی میدانند . اینان که «هواخواهان فلسفهٔ تحققی» یا « طرفداران منطقی آزمایش» نامیده میشوند عقیدهٔ راسخ دارند که کار هر دانشمند فقط بیان چیزهائی است که مشاهده میکند . پس اگر دانشمندی باوسایل مختلف دو آزمایش کند و ازیکی نتیجه بگیرد که نور از ذرات تشکیل شده وازدیگری این نتیجه رابدست آورد که نورازامواج ترکیب گردیده است هردو نتیجه را باید بپذیرد و آنهارامکمل یکدیگر بداند نه منافی ومناقض یکدیگر هیچیك ازدومفهوم به تنهائی برای تعریف نور کافی نیست ووجود هردو باهم برای این معنی ضرورت دارد ؛ هردولازم هستند تا حقیقت را تبیین کنند و جستجوی اینکه کدام یك درحقیقت حقیقت است امری است بی معنی، زیرا که درقاموس مجرد فیزیك کوانتومی لغت « حقیقت » وجود ندارد .

این امید وانتظار نیز نابجاست که اختراع ابزار دقیقتر وظریفتری

مارا قادر سازد که درعالم صغیر (۱) پیشرفت بیشتری کنیم . دروقایعی که درجهان اتمی روی میدهد ابهامی است که دقت مطالعه وابصار یاظرافت وسایل کار بقلع آن قادر نیستند . گناه آنکه ماطرز رفتار اتم رادرك نمیکنیم بگردن وسایل کارما نیست وضمختی و کم دقتی ابزار رامسئول آن نمیتوان شناخت بلکه این وضع ، همچنانکه هایزن برك بسال ۱۹۲۷ درقانون مشهور فیزیکی بنام « اصل عدم یقین (۲) » بیان کرده ، نتیجهٔ طبیعت خود اشیاء است . هایزنبرك برای بکرسی نشاندن نظرخود تجربهٔ موهومی فرض کرد که درآن فیزیکدانی سعی میکند که با استفاده ازیك میکروسکپ بی نهایت قوی ودقیق وضع یك الکترون متحرك وجهت ومقدارسرعت آنرا مطالعه کند . دراینصورت ، همچنانکه قبلاهم گفتیم، یك الکترون منفرد وضع وسرعت مشخص نمیتواند داشت . فیزیکدان وقتی میتواند بدقت وضع الکترون را معین کند که باتعداد بسیار زیادی از آن سروکار داشته باشد . اما اگر سعی کند که جای الکترون مخصوصی را در فضا مشخص کند بهترین کاری که میتواند بکند اینست که نقطه ای درمیان حرکات امواج بسیار متراکم و پیچیده را وضع « احتمالی » الکترون موردبحث بداند . الکترون تنهامبهم ، ومانندباد یاموج صوت درتاریکی شب ، معینی است وهرچه تعداد الکترونهائی که دانشمند درآنهامشغول مطالعه است کمتر باشد نتیجهٔ اکتشافات و مطالعات او باابهام بیشتری توأم خواهد بود.

هایزنبرك برای اثبات اینکه این ابهام و نامعین بودن نتیجهٔ یك مانع و رادع طبیعی است نه نتیجهٔ نارس بودن علم انسان چنین انگاشت که میکرسکوپ

---

(۱) Microcosme

(۲) Principle of Uncertainity



کهکشان عظیم «مراة المسلسله» دستگاه عظیمی است مرکب از ستاره های بیشمار و ساختمانش
شبیه به «کهکشان» خود ماست . هرچند نور ضعیف آنرا میتوان ، درحدود صورت فلکی
مراة المسلسله ، باچشم و بی دوربین دید فاصلهٔ آن از زمین هفتصد هزار سال نوری است . بااینهمه
از دنیاهای دیگری که مانند جزیره در اقیانوس بی‌پایان فضا پراکنده اند بما نزدیکتر است .
قطرآن شصت هزار سال نوری است ، یعنی برای آنکه نور از یك سر آن به سر دیگر برسد
۶۰۰۰۰ سال وقت لازم است . اگر ناظری از این کهکشان بکهکشان معمولی ما نگاه کند
آنرا بهمچنین صورتی خواهد دید . ابریهای کوچکتری که در نزدیکی آن دیده میشوند
جزء مجموعه ای از کهکشانها هستند که شامل کهکشان ما و کهکشان مراة المسلسله و کهکشان
ماژلانی است.

موهوم او که بوسیلهٔ یك فیزیکدان موهوم بکارمیرود قدرت آن داشته باشد که شیئی را صد میلیارد مرتبه بزرك کند، یعنی یك الکترون را بوسیلهٔ چشم بشر قابل‌رویت نماید. اما باز اشکال دیگری در کاراست و آن اینکه چون الکترون ازموج نور کوچکتراست دانشمند ماممجبور است برای «روشن کردن» مورد مطالعه تشعشعاتی بکاربرد که طول‌موج کوتاه‌تری داشته‌باشند. حتی اشعهٔ مجهول دراین مورد بکار نمیخورند والکترون رافقط میتوان باتواتر زیاد اشعهٔ گامای‌رادیوم قابل‌رویت کرد. اما اثرفتوالکتریك، همچنانکه گفتیم، نشان داده‌است که فوتونهای نور معمولی اثری شدید برروی الکترونها دارند وتأثیرشعاعهای مجهول از آن شدیدتراست، پس‌استفاده از اشعهٔ نیرومند ترگاما نتایجی وحشتزا ودهشتناك ببار خواهدآورد.

پس نتیجهٔ قطعی «اصل عدم یقین» اینست که بطور قطع و مسلم ممکن نیست که وضع وسرعت الکترونی را درزمان واحد معین کردو مثلا گفت که «اتم در این‌نقطه است» وبا «این سرعت حرکت میکند». زیراکه همین که وضعش را مورد مطالعه قراردهیم سرعتش تغییرمیکند و هرچه سرعتش را دقیقتر معین کنیم وضعش مبهمتر میشود. وقتی که فیزیکدان دراندازه گرفتن سرعت وتعیین وضع‌الکترونی حدود ریاضی «عدم یقین» را حساب میکند متوجه میشود که این حدود همواره تابع مقدار مرموز عددثابت‌پلانك است.



باین ترتیب فیزیك کوانتومی دوستون علم قدیم، یعنی علیت(۱)

(۱) Causality

و لزوم ترتب معلول بر علت (۱) ، را واژگون ساخته است . زیرا که سروکارداشتن با آمار و احتمالات دیگر مجالی برای این فکر که جلوهٔ طبیعت یك سلسلهٔ تغییر ناپذیر علت و معلول (۲) است باقی نگذاشته است . و نیز با قبول حاشیهٔ عدم یقین این امید دیرین هم از میان رفته است که علم ، که بوضع وسرعت هر جسم مادی در جهان آگاه است، قدرت آن داشته باشد که آیندهٔ جهان را پیشگوئی کند . یکی از نتایج این رضا و تسلیم دلیل جدیدی است بر وجود ارادهٔ آزاد . زیرا که وقتی حوادث فیزیکی نامعینند و آینده نامعلوم ، شاید قدر مجهولی که « عقل » (۳) نامیده شود بتواند در میان عدم یقین‌ها و ابهامهای بیشمار این جهان هوسناك سرنوشت بشر را رهبری و راهنمائی کند . اما این امر فقط در عالم خیال قابل تصور است و فیزیکدان راهم با آن سری و سری نیست . نتیجهٔ دیگری که از جنبهٔ علمی بسیار مهم است اینست که تکامل فیزیك کوانتومی سدی راکه بین بشر ، بشری که از خلال دریچه های تیره و تار حواس خود برای درك حقیقت تلاش میکند ، و هر هدفی که ممکن است واقعیتی و حقیقتی داشته باشد وجود داشت تقریباً غیر قابل عبور ساخته است . زیرا که هر قدر انسان برای فرورفتن در جهان «حقیقی» و درك حقایق آن تلاش میکند همین تلاش و کیفیت مطالعه و ابصار کار او راز و زیر و زبر مینماید، و هر وقت سعی کند که عالم «حقیقی» را از مستدرکات حواس خود مجزا کند برایش چیزی جز یك طرح ریاضی باقی نمیماند . درست بمثابهٔ کوری است که بخواهد شکل و ساختمان یك دانهٔ برف را بفهمد و بمجرد اینکه دست یا زبان خود را بدانهٔ برف نزدیك کند برف

---

(۱) determination

(۲) Cause and effect

(۳) Mind

آب شود وازمیان برود . موج الکترون یا فوتون یاموج احتمال قابل درك نیستند ، بلکه فقط علائمی هستند که برای بیان روابط ریاضی عالم صغیرمورد استفاده توانند بود .

اگر ازفیزیکدان سئوال شود که چرا فیزیك جدیدچنین روشهای غیر روشن و«زبان خواص» راکه برای همه‌قابل‌فهمیدن نیست بکارمیبرد جواب میدهد بدلیل آنکه معادلات فیزیك کوانتومی بهتر از هر وسیلهٔ دیگرعوارض وپدیده های‌اساسی راکه خارج ازحدودتوانائی دیدماهستند توضیح میکنند. خلاصهٔ کلام آنکه‌این معادلات« کارمیکنند»ونتیجه‌می بخشند وبهترین گواه‌این گفته محاسباتی است که‌بساختن بمب‌اتمی منجر گردید . بنابراین هدف فیزیکدان‌عملی اینست که‌قوای‌طبیعت رادرعبارات‌منجز وقاطع ریاضی بیان کند. فیزیکدان‌قرن نوزدهم الکتریسیته راسیال‌میدانست وبااین «تصور مجازی» قواعدی وضع کرد که عصرالکتریکی کنونی مارابوجود آورد ، اما دانشمند قرن بیستم میکوشد که از هرتصور مجازی اجتناب کند . اومیداند که الکتریسیته سیال‌نیست‌و نباید بمنظور کشفیات جدید مفاهیم صوری « امـواج » یا « ذرات » را تجلی‌دقیق‌حقایق دانست . او میتواند بازبان مجرد ریاضی وضع اشیاء رابیان کند بی‌آنکه بداند ـ یا احتیاج بدانستن داشته باشد ـ که ماهیت حقیقی آنهاچیست .

اما امروزهم فیزیکدانانی‌یافته میشوند که میخواهند خلاء بین‌علم وحقیقت را پر کنند . اینشتاین بارهااظهار امیدواری کرده است که‌روش آماری فیزیك کوانتومی جزیك وسیلهٔ مـوقتی نباشد . میگوید : « من نمی‌توانم تصور کنم که خداجهان را ببازی گرفته‌باشد». وی ازاین‌عقیده که

علم فقط میتواند نتایج مشاهدات را بیان کند و بهم ربط دهد بیزاراست ، بجهانی همه نظم وهم آهنگی اعتقاد دارد ، و معتقد است که سر انجام بشر متفرس بدانشی که متضمن حقیقت فیزیکی باشد خواهد رسید . و باین منظور نظر خودرا باتم مقصور نداشته بلکه بستارگان وفضای بیکرانی که درورای آنهاست نیز دیده دوخته است.

۵

سیصد سال پیش، فیلسوف بزرك انگیسی، جان‌لاك [۱] در کتاب مهم خود بنام « تحقیق در بارهٔ فهم و عقل انسانی » [۲] چنین نوشت : « مهره های‌شطرنج را که، بوضعی، درخانه های نطع قراردهیم ازجای‌خود حرکت نمیکنند، حتی اگر صفحهٔ شطرنج را، بی آنکه مهره‌ها درهم ریزند، ازیك اطاق کشتی باطاق دیگر بریم . . صفحهٔ شطرنج هم‌خود درداخل اطاق کشتی تغییر جا نمیدهد، حتی اگر کشتی شب وروز در دریا پیش رود ؛ کشتی نیز ممکن است حرکت نداشته ونسبت بخشگیهای مجاور دروضع ثابتی بماند، حال آنکه زمین در آسمان پیوسته بدور خود میچرخد وبراثراین چرخیدن مهرهٔ شطرنج و نطع و کشتی، همه، نسبت باجرام سماوی دیگر تغییر جامیدهند.

دراین تصویر کوچك که ازمهره‌های شطرنج که درعین بیحرکت بودن درحرکتند رسم شده‌یکی ازاصول نسبیت، یعنی نسبی بودن وضع، منعکس است. ولی این تصویر فکر دیگری راهم بخاطرمیگذراند و آن نسبی بودن حرکت است. هرکس که باقطار راه آهن سفری کرده

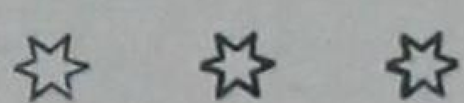
John Locke (۱)

On Human Understanding (۲)

باشد نیك میداند که وقتی قطار دیگری درجهت عکس قطاراو حرکت
میکند باچه سرعتی ازپهلوی آن میگذرد ، وبرعکس وقتی که در همان
جهت سیر کند چگونه بیحرکت بنظر میرسد . اینگونه تصور دور از
حقیقت درایستگاههای بزرك راه آهن ، که خطهای متعدد از پهلوی هم
میگذرند ، گاهی تولید اشتباه میکند . گاه بگاه قطاری چنان بآرامی
بحرکت درمی آید که مسافر کوچکترین تکانی احساس نمیکند واگراز
پنجره به بیرون نظر افکند وقطاردیگری را درروی خطی دیگر درحرکت
بیند متحیراست که آیا آن قطار درحرکت است یاقطار خود او ، واگر
هردوحرکت میکنند کدام تندترحرکت دارد ودر کدام جهت درحرکت
است . تنهاراه برای اینکه مسافر وضع خودرا بداند این است که ازپنجرهٔ
دیگر بقسمتهای ثابت ایستگاه ، مانندسکوها وپایه های چراغ ، نگاه کند .

نیوتن ازاین صور ظاهری حرکت آگاه بود ، اما فقط آنهارا در
مورد حرکت کشتی ها بیان کرده است . او میدانست که اگر دریا کاملا
آرام باشد کشتیبان میتواند حین حرکت کشتی ، باهمان آرامشی که
کشتی درلنگرگاه داشته ، سوپ خودرا صرف کند یاریش خودرا بتراشد
و ، باآنکه کشتی باسرعت ده ، یا سی ، یا پنجاه کیلو مترسینهٔ امواج را
می شکافد وپیش میرود ، آب درجام وسوپ دربشقاب او حرکتی آنقدر
شدید ندارد که لبریز شود . پس تا کشتیبان بخارج کشتی نگاه نکند
میزان سرعت آنرادرنمی یابد ، بلکه اصلا متوجه حرکت آن نمی شود .
اما اگر دریا بتلاطم در آید یاسرعت حرکت کشتی ناگهان تغییر کند
وی متوجه حالت حرکت خود خواهدشد . اگر دریائی چنین بی تلاطم
وکشتی ای چنین آرام وجود پیدا کنند هیچیك ازاتفاقاتی که زیرعرشهٔ

کشتی روی دهد و هیچیك از مطالعات و تجربیاتی که در درون آن صورت پذیرد برای تعیین سرعت سیر آن مؤثر و مفید نخواهد بود. نیوتن یك اصل فیزیکی را که از این تتبعات نتیجه گرفت بسال ۱۶۸۷ میلادی بدینصورت بیان کرد: «حرکات اجسامی که در فضای معینی محتوی باشند نسبت بیکدیگر یکی است، خواه آن فضا در حال سکون باشد یا با حرکتی یکنواخت بخط راست پیش رود». این اصل را که به «اصل نسبیت نیوتن یا گالیله» موسوم است میتوان بصورت کلی تری بدینقسم بیان کرد: قوانین مکانیکی که در مکانی معتبر باشند در هر مکان دیگر هم که نسبت باولی حرکتی یکنواخت داشته باشد معتبر هستند.



اهمیت فلسفی این اصل در کلیت و شمول آن است نسبت بجهان. چون هدف علم توضیح و تبیین کل جهانی است که ما در آن زندگی میکنیم باهمهٔ اجزاء آن، اعتقاد و اعتماد مرد عالم بهم آهنگی طبیعت اصلی است بسیار مهم. عالم باید معتقد باشد باینکه قوانینی که در زمین بروی ظاهر میشوند درحقیقت در سراسر جهان صادق هستند. پس نیوتن که قانون افتادن سیبی از درخت را در مورد حرکت سیارات بدور خورشید هم اطلاق نمود یك قانون جهانی بیان کرد. واگر دربارهٔ حرکت کشتی در دریا مثالی زد درحقیقت سفینه‌ای که در فکر او وجود داشت کرهٔ زمین بود. در تمام موضوعات عادی علمی ما مجاز هستیم که زمین را ساکن فرض کنیم، مثلا کوهها و درختان و ساختمانها را بیحرکت و جانوران و اتومبیلها و هواپیماها را متحرك انگاریم. اما برای دانشمندی که با حرکت اجرام آسمانی سر و کار دارد زمین نه تنها ساکن نیست بلکه باسرعتی سرسام آور و وضعی که فهمش

بسیار دشوار است درفضای بی انتها بدور خود میچرخد و حرکت میکند. علاوه برحرکت وضعی خود، که سرعتش افزون ازساعتی ۱۶۰۰ کیلومتر است، وحرکت انتقالیش بدور خورشید، که باسرعت بیش از ۳۲ کیلومتر در ثانیه انجام میشود، چند حرکت دیگر دارد که ما با آنها کمتر آشنا هستیم. برخلاف آنچه که مردم تصور میکنند ماه بدور زمین نمیگردد بلکه هریك بدور دیگری گردش میکند یا، بهتر بگوئیم، هردو بدور مرکز ثقل مشترکی دوران میکنند. بعلاوه تمام منظومهٔ شمسی در داخل دستگاه ستارگان با سرعت ثانیه ای ۲۰ کیلومتر، و دستگاه ستارگان در درون کهکشان باسرعتی بیشتر از ۳۰۰ کیلومتر در هرثانیه، و تمام کهکشان ما نسبت به کهکشان های دورتر باسرعتی متجاوز از ثانیه ای ۱۵۰ کیلو متر، درحرکت هستند و این حرکتها در جهت‌های مختلف انجام میشوند.

بااینکه در آنزمان نیوتن بهمهٔ غوامض حرکات زمین وقوف نداشت باز درجهان پرکشاکش ازمسئلهٔ تشخیص حرکت نسبی ازحرکت مطلق دوچار زحمت فکری بود. فکر میکرد که «شاید درفواصل دوری که قرارگاه ثوابت است، و شاید هم خیلی دورتر، جسمی باشد که کاملا درحال سکون باشد» اما میدانست که هیچ جرم آسمانی در حدود دید انسان نیست که بتواند چنین فرضی را بثبوت رساند. از طرف دیگر بنظر نیوتن چنین میرسید که باید بتوان فضارا بمنزلهٔ دستگاه مقایسه‌ای بکاربرد وحرکات مطلق ستاره ها و کهکشانها را نسبت بآن تعیین کرد. وی فضارا یك حقیقت فیزیکی ساکن و بیحرکت می‌پنداشت وچون برای این فرض خود برهان ودلیل علمی نداشت بمبانی الهی متشبث میشد و

فضارا دلیل وجود خدادرهمه جامیدانست .

در دوسده‌ای که بعدازنیوتن گذشت چنین بنظر میرسید که حدس وی صائب وفکرش غالب است . زیرا که باقبول و بسط تئوری امواج نور بردانشمندان لازم آمد که بفضای خالی برخی خواص مکانیکی نسبت دهند و درحقیقت آنرا نوعی ازماده بدانند . حتی پیش از زمان نیوتن دکارت ، فیلسوف فرانسوی ، استدلال میکرد که نفس جدا بودن اجرام بوسیلهٔ فواصل دلیل آن است که بین آنهاملائی وجوددارد . بردانشمندان قرنهای هیجدهم و نوزدهم مسلم بود که اگر نور ازامواج ترکیب شده باشد برای نشرامواج باید ماده ای وجود داشته باشد ، همچنانکه آب وسیلهٔ انتقال امواج دریا وهوا وسیلهٔ انتشارامواج صوت است. از آن پس وقتی که تجربه نشان داد که نور ممکن است درخلاء انتشاریابد دانشمندان ماده‌ای فرضی بنام « اثیر » تصور کردند که بایستی همه‌جا ودرهـرفضا و ملائی پراکنده باشد . بعد از آنهم فاراده اثیری از نوع دیگر موجود دانست که برای انتقال نیروهای الکتریکی ومغناطیسی بکار رود . بالاخره وقتی که ماکس‌ول نورراهم نوعی ازآثار برق ومغناطیسی (الکترومانیه تیك) شناسانید وجود اثیر قطعی ومسلم بنظر رسید .

☆ ☆ ☆

نتیجهٔ غائی فیزیك نیوتنی جهانی بود پرازیك ملاء نامرئی که در آن ستارگان بسیرو گشت خودادامه میدادند و نوردرآن بوسیلهٔ ارتعاش سیرمیکرد . این جهان یك نمونهٔ مکانیکی برای همهٔ نمودهای [1] طبیعت فراهم آورد ودستگاه مقایسه ، یعنی فضای مطلق وبیحرکتی راکه لازمهٔ جهان شناسی [2] نیوتنی بود بدست داد . اما باز دربارهٔ اثیرمسائل حل

Cosmology (۲) Phenomena (۱)

نشده ای باقی بود که ساده‌تر از همه ثابت نشدن وجود بالفعل آن بود.

بسال ۱۸۸۱ دو دانشمند امریکائی بنام مایکلسن [۱] و مورلی [۲] در کلیولند [۳] دست بآزمایش دقیقی زدند تا مسئلهٔ وجود یا عدم چیزی بنام اثیر را بطورقطع حل کنند.

اصلی که مبنای آزمایش آنان بود بسیار ساده بود. میگفتند اگر سراسر فضای بی‌انتها را دریای بیحرکت اثیر فرا گرفته باشد میتوان باهمان روشی که سرعت سیر کشتی را در آب معین میکنند بکشف و اندازه گرفتن سرعت حرکت زمین درمیان دریای اثیر پرداخت. همچنان که نیوتن گفته بود، محال است بوسیلهٔ هرگونه تجربه‌ای که در دروی کشتی انجام شود بتوان بحرکت آن درمیان آبهای آرام پی برد. ملوانان برای تعیین سرعت سیر کشتی تیرچوبینی راکه قرقره ای بآن نصب است ورشتهٔ مدرجی بدور قرقره پیچیده شده‌است پهلوی کشتی بدریا می‌افکنند وباز شدن رشتهٔ مدرج را زیرنظردقت میگیرند. پس مایکلسن ومورلی هم برای کشف واندازه گرفتن سرعت زمین «تیری» درپهلوی آن بخارج افکندند واین «تیر» یك شعاع نوربود. زیرا که اگرنوربراستی دراثیر انتشار یابد سرعت جریانی که براثر حرکت زمین دراثیرتولید میشود درسرعت آن مؤثر خواهد افتاد. روشنتر بگویم، شعاع نوری کـه در امتداد حرکت زمین تابانده شود مانند شناگری کـه در جهت مخالف جریان آب شنا کند، درنتیجهٔ جریان اثیر اندکی دوچار تأخیر خواهد

---

(۱) Albert Abraham Michelson فیزیك دان آلمانی که به تبعیت امریکا درآمد (۱۹۳۱ـ ۱۸۵۲).

(۲) E. W. Morley

(۳) Cleveland

شد . اختلاف ناچیز خواهد بود زیرا که سرعت نور (که در ۱۸۴۹ مقدارش رادقیقاً اندازه گرفته بودند) درحدود ثانیه‌ای ۳۹۹۶۹۸ کیلو - متروسرعت سیرزمین برروی مدارش درحدود ثانیه‌ای ۳۲ کیلومتراست ، پس سرعت شعاع نوری که درجهت حرکت زمین تابانده شود ثانیه ای ۳۹۹۶۶۶ کیلومتر وسرعت آنکه درجهت مخالف حرکت زمین سیر نماید ثانیه‌ای ۳۹۹۷۳۰ کیلومتر بنظر خواهد رسید ودانشمندان ما بر روی این مبانی اسبابی چنان دقیق ساختند که اگر در سرعت سرسام آور نور تغییری کمتر از یك کیلومتر پیدا میشد اسباب به ثبت آن موفق میگردید . این اسباب که خودشان آنرا « تداخل سنج »[1] نامیدند مرکب ازچند آینه بود که میتوانستند شعاع نوری را بدو جزء تقسیم کنند ودردو امتداد مختلف بتابانند . تمام کار باچنان زحمت ودقتی انجام شد که درنتیجه ای که از آن عاید میشد تردید جایز نبود . نتیجه ای که عاید شد فقط این بود : نوردرهرجهت که سیرمیکرد درسرعت آن تفاوتی مشهود نبود .

تجربهٔ مایکلسن - مورلی دانشمندان رابرسردوراهی عجیبی قرار داد : یابایستی ازنظریهٔ اثیر ، که آنقدر مسائل ومشکلات را در مورد برق ومغناطیس ونورحل کرده بود ، صرف نظر کنند ویا ، اگر دل بر کندن از آن میسر نباشد ، ازتئوری معتبرتر کوپرنیك ، که مبتنی برحرکت زمین بود ، چشم بپوشند .

برای بسیاری از فیزیك دانان انکار حـرکت زمین آسان تر بود تاقبول این امر که امواج برق ونورومغناطیس وجودداشته باشندامّا ملائی برای انتشار آنهانباشد . معمای شگفتی بود که یك ربع قرن افکار

---

(۱) Interferometer

تداخل سنج مایکلسن مورلی دستگاهی بود مرکب از آینه هائی که چنان قرار داده شده بودند که پرتوی راکه از یك منبع نور (طرف چپ) خارج میشد بدوقسمت میکردند و درآن واحد دردو امتداد میفرستادند . این عمل بوسیلهٔ آینهٔ A انجام میشد که بمقدار خیلی نازکی جیوه کاری شده بود بقسمی که قسمتی از پرتو نور ازآن میگذشت وبه آینهٔ C ، که با A ومنبع نوردریك امتداد بود ، میرسید وقسمت دیگربزاویهٔ قائمه منعکس‌میشد وبه‌آینه B، واصل‌میگردید . آینه‌های C و B نوری‌را که دریافت میکردند منعکس ساخته بطرف A پس میفرستادند وشعاعهای منعکس شده در A بیکدیگر ملحق گردیده بطرف دوربین T فرستاده میشدند . چون شعاع ACT ناچار بود سه بار از ضخامت شیشهٔ آینهٔ A بگذرد و شعاع ABT یکبار بیشترازآن نمیگذشت ، برای جبران تاخیری که باین ترتیب درسیر شعاع‌اولی روی میداد یك صفحه شیشه‌ای‌بضخامت آینه برسرراه شعاع دوم قرار داده‌بودند تاشعاع ABT دوبار ازآن بگذرد . تمام دستگاه را ممکن بود در هرجهت دوران داد بقسمتی که‌ارسال شعاع-های‌نور ABT و ACT ، هم درجهات موافق ومخالف جریان‌اثیر مفروض وهم درامتداد-های عمود برآن جهات میسرباشد . درنظر اول چنین مینمود که سیر درجهت موافق جریان ، مثلا از B به A ، بایستی تاخیری راکه درنتیجهٔ سیر درجهت مخالف ، مثلا از A به B، روی میدهد جبران کند . اما چنین نیست . زمان لازم برای اینکه قایقی را یك کیلومتر

درجهت مخالف سیر رودخانه ویک کیلومتر درجهت سیر آب برانیم بیشتر است از زمان لازم برای راندن قایق دردو کیلومتر آب ساکن یادو کیلومتر عمود برامتداد حرکت آب ، حتی بادرنظر گرفتن تاخیری که درنتیجهٔ فشار آب بپهلوی قایق روی میدهد . دوربین T میتوانست هرگونه تاخیر یاتسریعی راکه درسیر نور بوسیله جریان اثیر روی دهد ضبط وثبت نماید .

دانشمندان را متشتت کرده بود . چه بسیار فرضها که عرضه گشت و مردود شد ! تجربه را باردیگر مورلی ودیگران تجدید کردند وبهمان نتیجه رسیدند : سرعت ظاهری زمین دراثیر صفر بود .

٦

درمیان کسانی که بامعمای مایکلسن - مورلی سرگرم بودند جوانی بنام آلبرت اینشتاین بود که دراداره امتیازات دربرن کارمیکرد. وی بسال ۱۹۰۵، درسن بیست وشش سالگی، سند مختصری منتشر کرد و بمعما جوابی گفت که افق تازه‌ای درافکارفیزیکی باز کرد. اینشتاین نظریهٔ اثیر را طرد کرد وبا آن بدور این فکرخط بطلان کشید که فضائی مطلقاً درحال سکون وجود داشته باشد وبمنزلهٔ دستگاه مقایسه‌ای بکاررود که بکمك آن بتوان حرکت مطلق را ازحرکت نسبی بازشناخت. حقیقت انکار ناپذیری که از آزمایش مایکلسن - مورلی نتیجه شده‌بود این بود که حرکت زمین مطلقاً درسرعت نور تأثیری ندارد. اینشتاین این نتیجه را بمنزلهٔ یك قانون کلی جهانی گرفت وبآن اعتقاد راسخ یافت و گفت که اگرسرعت نور نسبت بحرکت زمین ثابت باشد نسبت بحرکت هرخورشید وماه‌وستاره وهرجرم‌فلکی وهردستگاهی که درهر نقطهٔ‌جهان درحرکت باشد نیز باید ثابت باشد. دانشمند بزرك ازاین امر نتیجهٔ کلی‌تری گرفت وآن اینکه همهٔ‌قوانین طبیعت برای همهٔ‌دستگاههائی که حرکت یکنواخت داشته باشندیکسان‌هستند. این عبارت ساده‌درحقیقت روح وجوهر نظریهٔ خاص نسبیت اینشتاین است وشامل اصل نسبیت گالیله، که قوانین مکانیکی

را برای همهٔ دستگاههائی که حرکت یکنواخت داشته باشند یکسان میدانست ، نیزهست اما بیان آن جامعتراست زیرا که اینشتاین تنها بفکر قوانین مکانیکی نبود بلکه نظر بقوانینی که بر پدیده های نور و برق و مغناطیس حاکم بودند نیزداشت . پس همهٔ آنها را بیکدیگر پیوند داد وبصورت یك اصل موضوع اساسی درآورد : همهٔ پدیده های طبیعت و تمام قوانین آن برای تمام دستگاهائی که نسبت بیکدیگر حرکتی یکنواخت دارند یکسان است .

درظاهر این گفته هیچ چیز که موجب حیرت یادهشت گردد دیده نمی شود ، بلکه تکرار و تایید اعتقاد دانشمندان سلف است بهم - آهنگی وکلی بودن قانون طبیعت . ونیز دانشمند را برحذر میدارد از اینکه درجهان بیك دستگاه ومبداء ثابت نظر داشته باشد . جهان جای آسایش وسکونت نیست : ستاره‌ها ، سحابیها ، کهکشانها وهمهٔ دستگاههای وسیع وعظیمی که تابع قانون جاذبه‌اند پیوسته درحرکتند . اما حرکت هریك از آنهارا فقط نسبت بدیگری میتوان تعیین وتبیین کرد وگرنه درفضای لایتناهی امتداد وحد ومرزی نیست . بعلاوه برای مردعالم این فکربی معنی است که سرعت نور راواحدقرار دهد وبکوشدکه سرعت «حقیقی» یکی ازدستگاههای سماوی را معین کند وبدست آورد ، زیراکه سرعت نور درسراسرجهان ثابت وحرکت منبع نوریاجسمی که نوررامیگیرد در آن بی تأثیر است . طبیعت مبانی مطلقی برای مقایسه بدست نمیدهدو همچنانکه لایب نیتز ، ریاضی دان دیگر بزرك آلمانی ، در دوقرن پیش از اینشتاین متوجه گردیده وگفته بود : « فضا فقط عبارت است ازنظم یا رابطهٔ اشیاء بین خود آنها » . اگرچیزی نبود فضائی نبود .

اینشتاین بموازات انکار فضای مطلق اعتبار مفهوم زمان مطلق را هم نفی کرد ، یعنی زمانی استوار و تغییر ناپذیر و غیر قابل تردید را که مانند جریانی ناگسستنی گذشتهٔ بی نهایت دور را بآیندهٔ بی نهایت دور پیوند دهد و مربوط سازد غیر ممکن دانست. بیشتر پیچیدگی و اشکالی که در نظریهٔ نسبیت است نتیجهٔ اکراهی است که انسان در قبول این امر دارد که زمان را هم ، مانند رنگ، نوعی ادراك بداند . درست همانطور که اگر چشمی نباشد تا رنگی را دریابد رنگ وجود خارجی ندارد ، اگر حادثه ای نباشد تا زمان را متمایز سازد لحظه‌ای، و ساعتی، و روزی وجود نخواهد داشت. و درست بهمان سادگی که فضا عبارت است از نظامی که ممکن است در اشیاء مادی وجود داشته باشد زمان هم عبارت است از نظامی که ممکن است در حوادث موجود باشد . برای اینکه بهتر به « درون ذاتی » و « ذهنی (۱) » بودن زمان پی ببریم بهتر است بگفتهٔ خود اینشتاین مراجعه کنیم، آنجا که میفرماید:

« تجربیات هر فرد در نظر ما بصورت یك سلسله وقایع ظاهر میگردد . در این سلسله ممکن است نظم واقعه ای را نسبت بوقایع دیگر بامعیار «زودتر» یا «دیرتر» بسنجیم؛ پس برای هر فرد یك « زمان من » یا زمان ذهنی وجود دارد . این زمان بخودی خود قابل اندازه گرفتن نیست . درحقیقت من میتوانم اعداد را باوقایع ارتباط دهم بقسمی که عدد مربوط بواقعهٔ «دیرتر» بزرگتر از عدد مربوط بواقعهٔ «زودتر» باشد. آنگاه میتوانم این ارتباط را بوسیلهٔ ساعت بیان کنم باین نحو که ترتیب وقایع را بقسمی که ساعت نشان میدهد با ترتیبی که از تسلسل وقایع نتیجه میشود بسنجم . ساعت را در حقیقت چیزی میتوان انگاشت که یك سلسله وقایعی را فراهم میسازد که میتوان آنها را شمرد. »

---

(۱) Subjectivity

وقتی که آزمایشهای خودرا باساعت یاتقویم تطبیق کنیم برای زمان یك مفهوم «برون ذاتی» و «عینی» (۱) قائل شده‌ایم. باوجود این فواصل زمانی که بوسیلهٔ ساعت یاتقویم معین میشوند بهیچ روی مقادیر قاطع و مطلقی نیستند که بوسیلهٔ مشیت الهی بر جهان تحمیل شده باشند. تمام ساعتهائی که بشر تاکنون بکار برده‌است وبکارمیبرد به پیروی ازمنظومهٔ شمسی ما ساخته شده وتنظیم گردیده‌اند. آنچه راما «ساعت»، بمعنی واحد زمان، مینامیم درحقیقت اندازه‌ایست درفضا، یعنی قوس ۱۵ درجه‌ایست درحرکت ظاهری یومی کرهٔ سماوی. وآنچه را «سال» مینامیم درواقع اندازهٔ پیشرفتی‌است که زمین درروی مدار خود بدور خورشید کرده است. اگرکسی در کرهٔ مریخ ساکن باشد از زمان مفهوم کاملا متفاوتی خواهدداشت، زیراکه مریخ در۸۸ روز از روزهای ما بدور خورشید میگردد ودرست درهمان مدت یك دور حول محور خوددوران میکند. پس در کرهٔ مریخ مفاهیم یك روزویك سال یکی‌است. اماوقتی علم بفواصل دورتر ازحدود خورشید عطف توجه کندآنچه که‌ما برروی زمین اززمان میفهمیم معنی خود را ازدست میدهد. زیراکه ازنسبیت چنین برمی آیدکه‌چیز ثابتی بنام فاصلهٔ زمانی، که ازدستگاهی که‌بآن وابستگی دارد‌مستقل باشد، وجودندارد. درواقع نه‌چیزی بنام «همزمانی» (۲) وجود دارد ونه چیزی‌بنام «الان» که بدستگاه مقایسه‌ای مربوط نباشد. مثلا ممکن است یك‌نفر ازلندن بدوست خود درتهران تلفن کند. بااینکه‌در لندن ساعت هشت‌ونیم بعد ازظهر ودرتهران نصف شب است میگوئیم

(۱) Objectivity

(۲) Simultaneity

آن دو نفر « دریك زمان » بایکدیگر صحبت میکنند. اما این هردو در روی یك ستاره زندگی میکنند وساعتهای هردو ازروی یك دستگاه نجومی میزان شده است. وضع بسیار بغرنج تروفهم آن دشوار ترمیشود اگر برفرض کوشش کنیم که بدانیم درست « الان » در ستارهٔ سماك رامح [1] چه میگذرد. فاصلهٔ این ستاره ازماسی وهشت سال نوری است. سال نوری بمسافتی اطلاق میشود که نوردریك سال طی میکند ومقدار آن تقریباً نه تریلیون وششصد میلیارد (۹۶۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰) کیلومتر است. اگر ماميتوانستيم بوسيلهٔ راديو باستارهٔ سماك رامح ارتباط پيدا كنيم پيامی كه « حالا » بآنجا بفرستيم ۳۸ سال ديگر بآنجا خواهد رسيد و ۳۸ سال ديگر هم لازم است تاجواب آن بما برسد [2]. یااگر « حالا » (درسال ۱۳۳۴) بآن ستاره نگاه میکنیم و آنرا می بینیم درواقع به شبح آن و به تصویری از آن نگاه میکنیم که بوسیله شعاعهائی که درسال ۱۲۹۶ از آن خارج شده‌اند درچشم ماتشکیل میگردد. اگر بخواهیم بدانیم « حالا » این ستاره وجود دارد یا ندارد قبل ازسال ۱۳۷۲ از دانستن آن محروم و ممنوع خواهیم بود



بااینهمه اندیشه ها بازبرای آدم خاکی قبول این مطلب دشوار است که هم این لحظه، که وی آنرا «الان» مینامد نمی تواند در سراسر جهان صادق وقابل قبول باشد. حال آنکه اینشتاین درنظریهٔ خاص نسبیت خود

---

(۱) سماك رامح arcturus ستارهٔ قدر اولی است درصورت شمالی هوا

(۲) سرعت امواج رادیو باسرعت نور مساوی است.

بایك سلسله مثالها و قیاسهای غیرقابل تردید ثابت میکند که تصور حوادثی که دریك آن در دستگاههائی که بهم وابسته نیستند روی دهند از عقل دور است . دلایلی که وی اقامه میکند بدین مضمون است :

در آغاز کار باید متوجه بود که دانشمندی که وظیفه‌اش تبیین وقایع فیزیکی باعبارتهای عینی و برون ذاتی است نمی‌تواند اصطلاحات ذهنی مانند «این» و «اینجا» و «حالا» را بکاربرد. در نظر وی مفاهیم فضا و زمان وقتی معنی فیزیکی پیدا میکنند که روابط بین حوادث و دستگاهها بیان شده باشد . برای او ، که با موادی سروکار دارد که اقسام بسیار بغرنج حرکت (مانند جر اثقال سماوی والکترودنیامیك و نظائر آنها) را دارا هستند ، پیوسته لازم است که مقادیری را که دریك دستگاه اندازه می گیرد با آنچه که از دستگاه دیگر حاصل میشود مربوط سازد . قوانین ریاضی که این روابط را بیان میکنند به « قوانین تبدیل » (۱) معروفند. ساده ترین تبدیل را ممکن است درمثال مردی که برروی عرشهٔ کشتی حرکت میکند مجسم ساخت . اگروی بطرف جلو کشتی باسرعت ساعتی سه کیلومتر حرکت کند وسرعت سیر کشتی هم ساعتی ۱۲ کیلومتر باشد سرعت آنمرد نسبت بدریا ۱۵ کیلومتر است ؛ اما اگر بطرف عقب کشتی حرکت نماید سرعتش نسبت بدریا ۹ کیلو متراست . مثال دیگر از زنگی است که درمحل دوراهی راه آهن مشغول زدن است . صدای زنك باسرعت ۳۲۰ متر در ثانیه دراطراف پراکنده میشود . اگرقطاری با سرعت ۳۲ متر در ثانیه در روی خط سیر کند مادام که بدوراهی نزدیك میشود سرعت صدای زنك نسبت بآن ثانیه‌ای ۳۵۲ متر است ووقتی که ازدوراهی ردشود و

(۱) Transformation

رفته رفته دورتر گردد آن سرعت ۲۸۸ متر درثانیه خواهد بود . این جمع و تفریق سرعتها بسیار ساده و مبتنی برعقل سلیم است واز زمان گالیله درمسائلی که موضوعشان ترکیب حرکات است بکار میرفته است . اما وقتی سخن ازنور بمیان آید اشکالات بسیار جدی ظاهر میشود .

اینشتاین این اشکالات را دراولین سندی که دربارهٔ نسبیت منتشر ساخت بوسیلهٔ مثال دیگری دربارهٔ راه آهن مجسم نمود. بازهم صحبت ازیک دوراهی راه آهن است ، ولی این دفعه چراغی در آنجاست که نور را در امتداد خط میفرستد . سرعت نور ثانیه‌ای ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر، یعنی همان مقداری است که دقیقاً اندازه گرفته شده‌است وبه c نموده میشود ؛ قطاری باسرعت v بطرف چراغ پیش می آید. مطابق قاعدهٔ جمع وتفریق سرعتها سرعت نورنسبت به قطار وقتی که قطار بطرف چراغ می آید c+v و وقتی که از چراغ دور میشود c−v خواهد بود . اما این امر بانتیجه ای که از آزمایش مایکلسن - مورلی حاصل شده ونشان داده بود که نه حرکت منبع نور درسرعت سیر نورتأثیردارد ونه حرکت جسمی که نور میگیرد ، سازگار نیست . این حقیقت شگفت ازمطالعهٔ ستارگان مضاعف که درحول مرکز ثقل مشترکی گردش میکنند نیزبدست آمده است. تحقیق دقیق حرکت این دستگاهها نشان داده‌است که درهرجفت ستارگان مضاعف نور ستاره‌ای که بما نزدیك میشود بانور ستاره‌ای که درحال دور شدن است بایك سرعت بزمین میرسند . چون سرعت نور یك عددثابت جهانی است درمسئلهٔ راه آهن اینشتاین سرعت‌قطار نمیتواند در آن‌تاثیری داشته باشد . حتی اگرفرض کنیم که قطار باسرعت شانزده هزار کیلومتر درثانیه بچراغ نزدیك ، یا از آن دور، شود سرعت نوربرای ناظری که با

قطار درحرکت است درست ثانیه ای همان ۳۰۰۰۰ کیلومتر خواهد بود، نه بیشتر و نه کمتر.

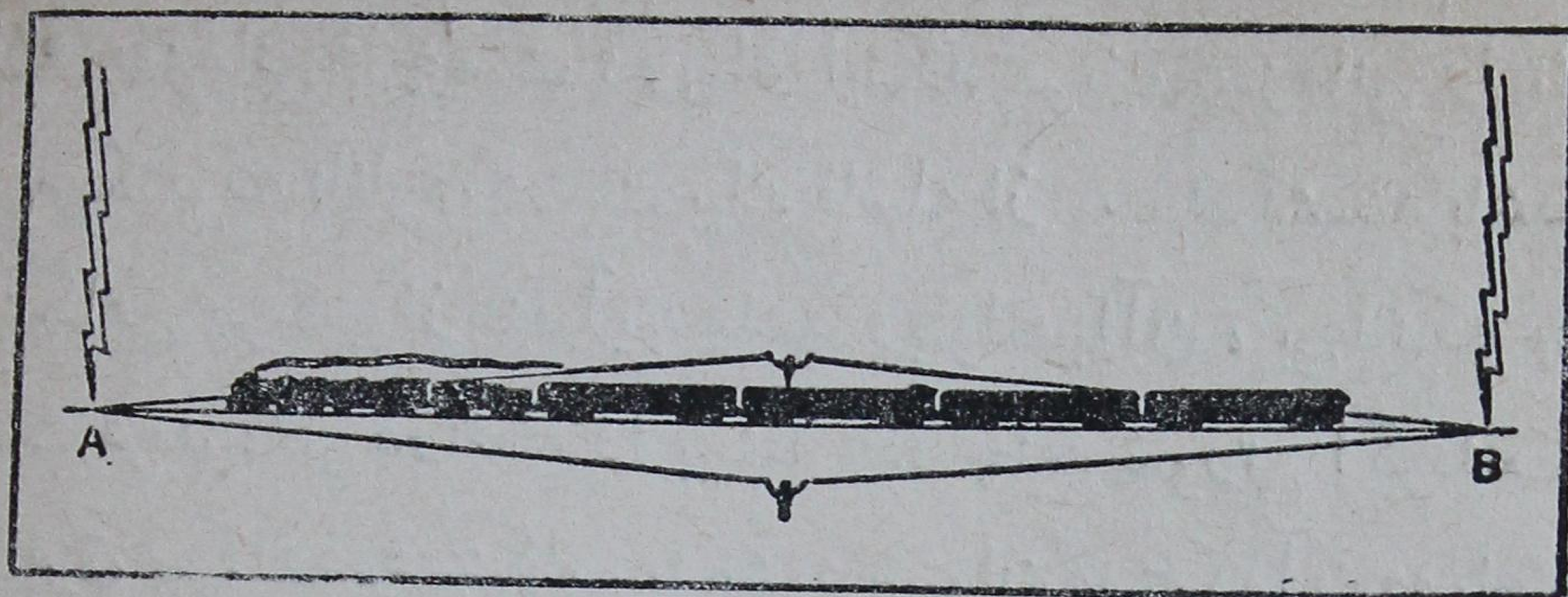
این تناقض درواقع یکی ازمعماهای شگرف طبیعت است. اینشتاین دریافت که این تناقض نتیجهٔ اعتقاد او بدواصل متفاوت بود: یکی ثابت بودن سرعت نور ودومی اصل جمع وتفریق سرعتها. هرچند اصل جمع سرعتها مبتنی برمنطق ریاضی «دو دوتا چهارتا» است اینشتاین اصل ثابت بودن سرعت نوررا یکی ازقوانین اساسی طبیعت شناخت. پس نتیجه گرفت که باید قاعدهٔ جدیدی برای تبدیل بتوان یافت که دانشمندرا قادر سازد که روابط بین دستگاههای متحرك راطوری بیان کند که نتایجش باحقایقی که دربارهٔ نور بیان شده است سازگار باشد.



اینشتاین آنچه رامیخواست دریك رشته معادلاتی که یك فیزیکدان بزرك هلندی بنام لورنتس[1] برای نظریهٔ خاص خود تنظیم کرده بودیافت. هرچند موارد استعمال اصلی این معادلات اکنون فقط از جنبهٔ تاریخی اهمیت دارد ولی تبدیل لورنتس جزئی است ازقالب ریاضی نسبیت. اما برای اینکه مقصود آن رابخوبی دریابیم لازم است نقصها و نقطه‌های ضعفی را که درنظریهٔ قدیمی جمع و تفریق سرعتها وجود دارد بدانیم. این نقصها را اینشتاین درتلومثال دیگری که دربارهٔ راه آهن زده بیان کرده است. بازدانشمند ما خط آهن مستقیمی رادر نظر گرفت وفرض کرد که ناظری روی سکوی کنارخط نشسته باشد. رعد میغرد و دو برق در آن واحد در دو نقطه متفاوت A ، B براه آهن اصابت میکند. اینشتاین می پرسد که مقصود

(۱) H. A. Lorentz

ما از « همزمانی » چیست ؟ و برای اینکه تعریف همزمانی را تثبیت کند
فرض میکند که ناظری درست بیك فاصله از A و B نشسته باشد و مجهز
بدستگاهی مرکب ازچند آینه باشد و بتواند با آن ، بی آنکه چشمها را
حرکت دهد ، هر دو نقطه را ببیند در چنین صورتی اگر انعکاس نور
هردو برق بیکبار در دستگاه دیده شود میتوان گفت که آن دو باهم همزمان
هستند . قطاری باسرعت پیش میآید و ناظر دیگری بادستگاهی همانند
دستگاه ناظر اولی برفراز یکی از اطاقهای قطار نشسته است . برحسب
اتفاق در لحظه ای که برق در A و B اصابت میکند ناظر دومی درست
مقابل ناظر اولی است . سؤالی که میشود اینست : آیادو برق برای ناظر
دومی هم همزمان خواهند بود ؟ وجواب اینست: نه ، همزمان نخواهند بود.
بدلیل آنکه اگر قطار از نقطهٔ اصابت برق به B دور و بنقطهٔ A نزدیك
شود واضح است کـه B ، بفاصلهٔ زمانی مساوی کسری از ثانیـه ، بعد
از A در آینه منعکس خواهد شد . برای اینکه هیچ جـای ابهام باقی
نماند ، بطور موقت فرض میکنیم که قطار باسرعت غیر ممکن الحصول
۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه ، یعنی باسرعت نور ، طی مسافت کند . دراینصورت
برقی که در B میزند چون دارای همان سرعت برق A است هیچگاه
در آینه منعکس نمی شود ، بدلیل اینکه هیچوقت بقطار نمیرسد . پس ناظری
که بربالای قطار است چنین میبیند که فقط یك برق براه آهن اصابت
میکند . بنابراین سرعت قطار هر قدر فرض شود بنظر ناظر متحرك چنین میرسد
که برق در نقطه ای که روبروی اواست زودتر براه آهن اصابت میکند
تادر نقطهٔ دیگر . پس دو برق که بنظر ناظر ثابت همزمان بودند در نظر ناظر
متحرك چنین نخواهند بود .



تناقض مسئلهٔ نور برق یکی از دقیقترین و دشوارترین مفاهیم فلسفهٔ اینشتاین، یعنی «نسبی بودن همزمانی»، را مجسم میسازد و نشان میدهد که انسان نمیتواند فرض کند که «الان»، که در ذهن اوست، بهمه قسمتهای جهان قابل اطلاق باشد. زیرا که بعقیدهٔ اینشتاین، هرچیز که مبدأ مقایسه باشد، یا هر دستگاه مختصات، زمانی خاص خود دارد؛ «تا نگوئیم و ندانیم که زمان مربوط بکدام دستگاه است تعیین زمان برای واقعه‌ای معنی نخواهد داشت».

خطای اصل قدیمی جمع و تفریق سرعتها در این فرض مقدر است که طول زمان واقعه‌ای بستگی بنحوهٔ حرکت دستگاه مقایسه ندارد. مثلا درمورد مردی که برروی عرشهٔ کشتی قدم میزند فرض چنین بود که اگر سرعت وی، که باساعتی که درخود کشتی است اندازه گرفته شود ساعتی سه کیلومتر باشد سرعتش باهر ساعت دیگری هم که دریك نقطهٔ غیرمشخص دریا درحال سکون قرار داشته باشد اندازه گرفته شود همان سه کیلومتر درساعت خواهد بود. بعلاوه فرض چنین بود که مسافتی که وی دریك ساعت می‌پیماید خواه نسبت بساعتی که برروی عرشهٔ کشتی است، یعنی دستگاه متحرك، اندازه گرفته شود و خواه نسبت بساعتی که بیحرکت درنقطه ای ازدریا قرار داشته باشد (دستگاه ساکن)، نتیجه یکی خواهد بود. این هم خطای دیگری درجمع سرعتها بود، زیرا که مسافت هم مانند زمان، مفهومی نسبی است و مسافتی که بستگی بحالت حرکت

دستگاه مقایسه نداشته باشد وجود ندارد.

بنابراین اینشتاین مؤکداً اظهار داشت که دانشمندی که بخواهد نمودهای طبیعت را باعباراتی که در سراسر جهان و در همهٔ دستگاهها صادق باشند تبیین کند باید اندازه‌های زمان و فضا را مقادیری تغییر پذیر انگارد. معادلاتی که شامل تبدیل لورنتس هستند چنین هستند. در این معادلات سرعت نور یك عدد ثابت جهانی است اما اندازهٔ زمان و فضا به تناسب سرعت هر دستگاه مقایسه تغییر میکند. (۱)

باین ترتیب با اینکه لورنتس معادلات خود را برای مواجهه با مسئلهٔ خاصی تنظیم کرده بود اینشتاین آنها را مبنای یك قانون عمومی شگرف قرار داد و به بنای عظیم نسبیت اصل موضوع دیگری افزود، بدین قرار: وقتی که قوانین طبیعت بوسیلهٔ تبدیل لورنتس بیان شوند برای همهٔ دستگاهها یکسان و یکنواخت خواهند بود.

---

(۱) تبدیل لورنتس فضاها و زمانهائی راکه در دستگاههای متحرك و دستگاههای ساکن مشاهده میشوند نسبت بیکدیگر می‌سنجد. مثلا فرض کنیم که دستگاه مقایسه ای در امتداد معینی درحرکت باشد؛ دراین صورت برحسب اصل قدیمی جمع سرعتها رابطهٔ بین x مسافتی باطولی که نسبت بدستگاهی که در امتداد حرکت تغییر مکان میدهد اندازه گرفته شود، و x'، همان مسافت وقتی که نسبت بدستگاهی که نسبت بدستگاه قبلی درحال سکون باشد تعیین گردد، بافرمول $x' = x + vt$ بیان میشود؛ در این فرمول v سرعت دستگاه متحرك و t زمان است. y' و z' مختصات دیگری که در دستگاه متحرك برروی محورهای عمود بریکدیگر و عمود برامتداد x' اندازه گرفته میشوند و y و z همان مختصات در دستگاه ثابت با فرمولهای $y' = y$ و $z' = z$ بیکدیگر مربوط هستند. همچنین بین t' و t زمانهائی که بترتیب نسبت بدستگاههای متحرك وثابت اندازه گرفته شده رابطهٔ $t' = t$ برقرار است. بعبارت دیگر در فیزیك سرعت دستگاه کلاسیك مورد بحث در مسافات وازمنه تأثیری ندارد **اما همین فرض است که درمورد مثال روشنائی برق تناقض بوجود میآورد.** قانون تبدیل لورنتس زمان وفضارا در دستگاههای متحرك ودستگاهی که نسبت

(بقیه در صفحه بعد)

وقتی که این قانون باچنین عبارت مجرد ریاضی بیان شود مردم عادی خیلی بسختی معنی آنرا درك میکنند. اما در فیزیك یك معادله همیشه عبارت از بیان یك مطلب مجرد نیست بلکه عبارت کوتاه ومختصریست که مرد دانشمند آنرا برای تبیین نمود های طبیعت مناسب میداند. گاهی هم مفتاحی است (۱) که بکمك آن عالم فیزیك دان بقلمروهای نهفتهٔ علم راه می‌یابد و دسترسی پیدا میکند؛ همچنانکه اینشتاین از آنچه درفرمولهای لورنتس نهفته بود بکشف مقداری حقایق تازهٔ علمی درجهان فیزیك موفق گردید.

(بقیه از صفحه قبل)

بناظر ثابت در نظر گرفته شده باشد با یکدیگر سنجیده و معادلات ذیل را ، که جانشین فرمولهای قدیمی ونارسائی که قدری جلوتر بیان کردیم شده اند ، بوجود آورده‌است :

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y \qquad z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

در این فرمولها c عبارت است از سرعت نور که عددی است ثابت .

قابل توجه‌است که دراین فرمولها مختصات z' و y' ، همچنانکه درفرمولهای پیشین دیده شده بود ، تغییر نکرده‌اند . همچنین باید توجه داشت که اگر v ، سرعت دستگاه متحرك ، نسبت به c ، سرعت نور ، ناچیز باشد معادلات لورنتس بمعادلات کلاسیك سابق که تابع قانون قدیمی جمع سرعتها بودند ، تبدیل میکردد ، اما اگر سرعت v به c نزدیك شود درمقادیر x و t تغییر فاحش حاصل میگردد .

(۱) در اصل کتاب برای کلمهٔ « مفتاح » Rosetta Stone بکار رفته است . روزتااستون سنگ نوشته ای بود که درحفریات آثار باستانی مصری کشف شد وبرروی آن مطالبی بدوخط یونانی ومصری (هیه روگلیف) نوشته‌شده بود وشامپولیون ، دانشمند مستشرق فرانسوی بااستفاده ازآن بخواندن خط مصری موفق گردید .

۷

این حقایق را میتوان باعباراتی کاملا تحققی بیان کرد . زیرا که بمجرد اینکه اینشتاین مبانی فلسفی وریاضی نسبیت را اظهار داشت مجبور شد آن مبانی را در آزمایشگاه ، یعنی جائیکه مجرداتی مانند زمان و فضا را باوسایلی مانند ساعت و اسبابهای اندازه گیری طول تحت انقیاد درمی آورند ، مورد مطالعه وتدقیق قراردهد. وچون باین ترتیب ناچار شد افکار اساسی خویش را دربارهٔ زمان وفضا بازبان آزمایشگاه بیان کند برخی خواص ساعت و اسبابهای اندازه گیری را ظاهر ساخت که تاآنوقت کوچکترین تصوری از آنهادرمخیله ها راه نیافته بود . مثلا: ساعتی که بیك دستگاه متحرك مربوط باشد از یك ساعت بیحرکت تند تر یا کندتر کار میکند ودرازای هر وسیلهٔ اندازه گیری طول که بیك دستگاه متحرك متصل باشد برحسب سرعت حرکت دستگاه تغییرمی پذیرد .اگر اندکی دقیقتر بگوئیم هرچه سرعت حرکت ساعت بیشتر شود کار آن کندترمیگردد وطول میلهٔ اندازه گیری درجهت حرکت نقصان می یابد . این تغییرات عجیب بهیچ روی باساختمان ساعت یاجنس میله بستگی ندارند؛ ساعت خواه آونگی دیواری باشدیافنری یانوع دیگر، واسباب اندازه گرفتن

طول خواه چوبی باشد یافلزی یایك کابل ده کیلومتری ، تفاوتی حاصل نمی شود . کند شدن ساعت یا کوتاه شده میله یك امر مکانیکی نیست وناظری که بهمراه ساعت یامیله حرکت کندمتوجه تغییر آنهانخواهدشد. اما یك ناظر بیحرکت ، یعنی ناظری که نسبت بدستگاه متحرك بیحرکت باشد ، متوجه خواهد گردید که ساعت متحرك نسبت بساعت بیحرکت او کندترشده وطول میلهٔ متحرك نسبت بمیلهٔ بیحرکتی که نزدوی است نقصان یافته است .

این طرزعمل ساعتها و میله های متحرك بحساب سرعت ثابت نور گذاشته میشود وروشن میسازد که چرا هر ناظری درهر دستگاهی که باشد ،صرفنظر از حالت حرکتش ، همیشه می بیند که نور همواره دقیقاً باسرعت ثابتی بوسایلی که دردسترس اواست میرسد یا ازآنها جدا میگردد . سبب آن است که هرچه سرعت ناظر بسرعت نور نزدیکترشود ساعت او کند تر و واحد طول او کوتاه تر ازساعت و واحد طولی میشود که نزد ناظری بیحرکت باشند . قوانینی که براین تغییرات حکومت میکنند بوسیلهٔ دستور تبدیل لورنتس بیان میشوند وخیلی ساده‌اند: هرچه سرعت حرکت دستگاه زیادترشود کندی ساعت و نقصان طول میله بیشتر میگردد . میله - ای که سرعت حرکتش نود درصد سرعت نور باشد تقریباً نصف طول خودرا ازدست میدهد وازآن پس نقصان طول سریعترمیشود بقسمی که اگر سرعت حرکت مساوی سرعت نور شود طول میله بکلی ازمیان میرود وهیچ میشود ؛ وساعتی که باسرعت نورتغییر مکان دهد بکلی ازکار بازمیماند . ازآنچه گفته شدنتیجه میتوان گرفت که هیچ چیز ، درتحت تأثیر هیچ عاملی ،تندتر ازنورحرکت نمی‌تواندکرد. باین ترتیب نسبیت

یك قانون طبیعی اساسی دیگرهم فاش میسازد، بدینقرار :

درجهان ، سرعت نورحد نهائی سرعتهاست

دربدو امر قبول این حقایق بسیار دشوار مینماید بدلیل آنکه‌در فیزیك معمولی، برخلاف واقع ، تصورمیشدکـه ابعاد شیئی ، درحـال حرکت وسکون ، یکی‌است وساعت، خواه متحرك باشد وخواه‌ساکن بیك روندکار میکند. عقل سلیم حکم میکندکه باید چنین‌باشد. اما، همچنانکه اینشتاین گفته است ، عقل سلیم در واقـع چیزی نیست مگر مشتی معتقدات که قبل ازهیجده سالگی درمغزها جامیگیرد. هـرفکر تازه‌ای‌که بعدها بمغرراه پیدا میکند ناچار باید بااین مفاهیم « واضح » درآویزد تاجابرای خود بازکند. واگر اینشتاین توانست بیشتر از هر دانشمند دیگری که پیش ازوی میزیسته است بحقایق طبیعت‌نزدیك‌شود ودرآنها رسوخ ونفوذکند فقط بسبب آن بودکه هیچ اصلی را پیش از آنکه بمرحلهٔ ثبوت‌برسد « واضح » نمیدانست. ازخود میپرسید: چرا فرض اینکه ساعت متحرك کند بشود ومیلهٔ متحرك از طولش بکاهد عجیب بنظربرسدامافرض تغییر ناپذیربودن آنها غریب‌نباشد؟ دلیل آنکه درفیزیك معمولی شق دوم مسلم شناخته شده است این است‌که انسان در زندگی عادی خود هیچگاه باسرعتهای بزرگی‌که کوتاه شدن میله وکند شدن ساعت‌رامحسوس سازدبرخوردنمیکند. درحرکت اتومبیل وهواپیما، حتی درحرکت موشکهای [1] و-۲ مقدار کند شدن ساعت قابل اندازه گرفتن نیست. آثاری کـه برفرضیهٔ نسبیت مبتنی است فقط وقتی‌اتفاق میافتدکه سرعت درحدود سرعت‌نور باشد. معادلات لورنتس

---

(۱) موشك ۲ - ۷ اسلحهٔامضای شماره ۲ که آلمانها درسال‌آخرجنك علیه‌انگلستان بکاربردند.

درکمال وضوح نشان میدهد که باسرعتهای عادی تغییرات فواصل زمانی و مکانی عملا صفر است. پس نسبیت بافیزیك معمولی مخالف نیست بلکه فقط مفاهیم قدیمی را بموارد تجربیات عادی انسان محدود میسازد.

برسر راه انسان سد بزرگی بود و آن تمایل وی باین امر بود که حقیقت را فقط چیزی بداند که از پشت پردهٔ حواس خود درك میکند. اینشتاین این سد را شکست و بر آن مانع غالب آمد. همچنانکه نظریهٔ کوانتوم مسلم ساخت که طرز کار ذرات اصلی ماده شبیه بطوز عمل ذرات بزرکتری که درعالم زمخت وغیردقیق مشهودات ماوجود دارند نیست، تئوری نسبیت نیز نشان داد که عوارض ناشی ازسرعتهای زیاد جز آنند که در طرز کار کند وتنبل اشیائیکه با چشمان راحت طلب ما قابل رویت هستند دیده میشود. نباید فرض کنیم که سرو کار قوانین نسبیت باموارد استثنائی است، بلکه تصور بسیار جامعی از جهان بسیار پیچیده ایست که در آن وقایع ساده ومکانیکی که ازتجربیات زمینی ماناشی میشوند موارد استثنائی بشمار میآیند. دانشمند امروز، که باسرعتهای سرسام آور جهان تیزرواتمی یابافضاها وزمانهای بی انتهای نجومی سرو کاردارد، قوانین فرتوت نیوتنی را کافی ورسا نمیداند ونمی بیند، حال آنکه قواعد نسبیت درهرمورد ویرا با توصیف دقیق وکامل طبیعت روبرومیسازند.

هرجاکه اصول موضوع اینشتاین بمرحلهٔ آزمایش گذاشته شده اند صحت و حقیقت آنها بمنصهٔ ثبوت رسیده است. آیوز (۱)، که در آزمایشگاههای شرکت بل (۲) به تحقیق میپرداخت، درآزمایشی که بسال ۱۳۱۲ (= ۱۹۳۶) بعمل آورد براهین بسیارمعتبر برای تاخیری

(۱) H. E. Ives
(۲) Bell Telephone Labo atories

که برطبق قوانین نسبیت در فواصل زمانی روی میدهد یافت. وقتی که اتم در حال تشعشع است نوری از آن ساطع میشود و میتوان تواتر و طول موج این نور را بوسیلهٔ منظار الطیف بانهایت دقت اندازه گرفت، پس میتوان این اتم را بمنزلهٔ ساعتی فرض کرد. آیوز نوری را که از اتمهای ئیدرژن که باسرعت زیاد درحال حرکت بودند خارج میشد بانوری که از اتمهای ئیدرژن که در حال سکون بودند ساطع میگردید مقایسه کرد ودید که تواتر ارتعاشات اتمهای متحرك تقلیل می‌یافت واین تقلیل دقیقاً بانتایجی که از معادلات اینشتاین انتظار میرفت تطبیق میکرد. شاید روزی علم این اصل را بوسیلهٔ آزمایش جالبتری تأیید کند. اینشتاین گفته است که چون از هرحرکت متناوبی میتوان برای اندازه گرفتن زمان استفاده کرد قلب انسان را هم میتوان نوعی ساعت دانست. بنابراین، برطبق قوانین نسبیت، تپش قلب کسی که باسرعتی نزدیك بسرعت نور تغییرمکان دهد بنسبت کند خواهد شد، وتنفس وسایر آثار فیزیولوژیك بدن او نیز چنین خواهند شد؛ اما خوداو متوجه این تأخیر نخواهد گردید زیراکه ساعت او نیز بهمان میزان کند میشود. ولی وی درنظر ناظر بی‌حرکتی که مراقب او باشد دیرتر «پیر» میشود. درفکر خیال باف افسانه سرائی مانند بوك راجرز (۱) میتوان درآینده جهان نوردی را تصور کرد که دریك کشتی فضا نورد، که بوسیلهٔ اتم بحرکت درمیآید، باسرعت ثانیه ای ۲۶۸۰۰۰ کیلومتر فضای بین کواکب را درنوردد و پس ازده سال زمینی بزمین بازگردد درحالیکه بیشتراز پنجسال بسن او افزوده نشده باشد.

(۱) Buck Rogers

۸

برای توصیف ساختمان جهان فیزیکی سه مقدار مورد نیاز است : زمان ، فضا و جرم . از آنجائیکه زمان و فضا مقدار های نسبی هستند میتوان حدس زد که جرم جسمی هم با وضع حرکت آن تغییر پذیر باشد. درحقیقت هم مهمترین نتایج عملی نسبیت ازاین اصل ، یعنی اصل نسبی بودن جرم ، برخاسته اند .

دراصطلاح معمولی « جرم » واژهٔ دیگری برای « وزن » است . اما این لفظ در نظر فیزیك دان نمایندهٔ یك خاصیت اساسی دیگر ماده ، یعنی مقاومت درمقابل تغییر حرکت ، است . نیروئی کـه برای بحرکت درآوردن کامیون لازم است خیلی بیشتر از آن است که برای حرکت دادن دوچرخهٔ پائی ضرورت دارد: کامیون درمقابل حرکت ازدوچرخه مقاومت وسرسختی خیلی بیشتری نشان میدهد زیرا که جرم آن خیلی بیشتر است . درفیزیك کلاسیك جرم هرجسم خاصیتی است ثابت وتغییر ناپذیر. پس جرم کامیون بایدهمیشه یکی باشد ، خواه درتعمیرگاه متوقف باشد ، یا در راهی باسرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت سیر کند ، یا درفضا باسرعت ۹۰۰۰۰ کیلومتردرثانیه تغییر مکان دهد .اما نظریهٔ نسبیت میگوید که جرم جسم متحرك بهیچ روی ثابت نیست و باسرعت آن افزایش می یابد .

فیزیك قدیم از کشف این حقیقت فقط باین دلیل بازمانده بود که حواس
ووسایل کار انسان ناقص‌تر از آنند که بتوانند افزایشهای بی‌نهایت کوچکی
راکه براثر شتابهای ناچیزی که نتیجهٔ آزمایشهای معمولی است در جرم
پیدامیشود ثبت وضبط نمایند. این افزایشها فقط وقتی قابل درك میشوند
که سرعت جسم درحدود سرعت نور باشد. (این عارضه، یعنی افزایش
جرم باسرعت، باآنچه که درمورد تقلیل طول درصورت افزایش سرعت
گفته شد مباینتی ندارد. حقیقت آنکه ممکن‌است این سئوال پیش آید
که چگونه ممکن‌است جسمی خودش کوچکتر، اما جرمش بیشترشود؟
اما باید دانست که نقصان طول فقط درامتداد حرکت‌است، ابعاددیگر
جسم، یعنی عرض وارتفاع آن، تغییر نمیکنند؛ بعلاوه جرم «سنگینی»
نیست، بلکه مقاومت درمقابل‌حرکت است).

فرمول اینشتاین که افزایش جرم راباسرعت بدست میدهد بظاهر
مانند فرمولهای دیگر نسبیت است، اما نتایج آن بسیار بسیارمهمتراست.
این فرمول چنین‌است:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

که در آن m جرم جسم است وقتی که با سرعت v حرکت میکند
و m_0 جرم آن است درحال سکون و c، مانند همیشه، سرعت نور
است. هرکس که ازمقدمات جبر ومقابله اطلاع داشته باشد بآسانی درك
میکند که اگر سرعت v، مانند سرعتهائی که درآزمایشهای معمولی با
آنها مواجه هستیم، ناچیز باشد اختلاف بین m و m_0 عملا هیچ است.

اما هرچه v به c نزدیك شود m بزرگتر میگردد و وقتی که v به c برسد m بی نهایت بزرك خواهدشد. چون جسمی که جرمش بی نهایت بزرك باشد در مقابل حرکت مقاومت بی نهایت بزرك ابراز میدارد بار دیگر باین نتیجه میرسیم که سرعت هیچ جسم مادی ممکن نیست مساوی سرعت نورشود (۱)

در میان مظاهر مختلف نسبیت اصل افزایش جرم خیلی بیشتر از اصلهای دیگر بتحقق پیوسته و بوسیلهٔ فیزیك دانان بمرحلهٔ آزمایش در آمده‌است. سرعت الکترونهائی که در حوزه های نیرومند الکتریکی حرکت میکنند وذرات بتائی که ازاتمهای مواد رادیو آکتیو صادرمیگردند بحدود ۹۹ در صد سرعت نور میرسد. برای دانشمندانی که در فیزیك اتمی کار میکنند وباچنین سرعتهای بزرك سروکار دارند موضوع افزایش جرم ، که بوسیله قوانین نسبیت پیش بینی شده‌است ، دیگر مطلبی قابل بحث نیست بلکه یك حقیقت تجربی است که درمحاسبات از آن صرفنظر نمیتوان کرد. درواقع ساختمانهای ماشینهای «پروتون سین کروترون (۲)» وماشینهای دیگری که باکارمایه های فوق تصور (۳) سروکار دارند بنحوی در نظر گرفته شده است که با افزایش جرم ذراتی که سرعتشان بسرعت نور نزدیك میشود سازگار باشد.

بعدها اینشتاین ازاصل نسبی بودن جرم نتیجه‌ای گرفت که اهمیتش درجهان ازحیز حساب بیرون است. رشته استدلالات او تقریباً باین نحو

(۱) رجوع کنید بضمیمه.

(۲) Proton – Synchrotron ماشین هائی که برای دادن سرعت خیلی زیاد بذراتی که بار الکتریکی دارند بکار میروند.

(۳) Super - energy

بود : چون جرم يك جسم متحرك باافزايش حركت آن فزونی می‌یابد، و چون حركت نوعی كارمايه است (كار مايهٔ حركتی [1]) ، افزايش جرم جسم متحرك نتيجهٔ افزايش كارمايهٔ آن است . خلاصهٔ كلام آنكه كارمايه (انرژی) دارای جرم است ! دانشمند بزرك توانست باچند محاسبهٔ بالنسبه سادهٔ رياضی مقدار معادل جرم m راكه درواحد كارمايهٔ E هست بوسيلهٔ فرمول $m = \frac{E}{c^2}$ باز يابد . باتوجه باين رابطه هرجوان تازه كار دبيرستانی هم ميتواند بامايه‌ای كه ازجبر ومقابله دارد بيافتن ونوشتن دستور $E = mc^2$ ، كه بی شبهه در تاريخ مهمترين معادله شمرده ميشود ، نائل گردد .

نقشی كه اين معادله درساختن بمب اتمی برعهده داشته است در نظرغالب روزنامه خـوانان واضح است . اين معادله يك عبارت مختصر فيزيكی است حاكی از اين مطلب كه مقدار كارمايهٔ موجود در هرذرهٔ ماده مساوی است باحاصلضرب جرم آن (برحسب گرم) درمربع سرعت نور (برحسب سانتيمتردرثانيه) . برای اينكه اين رابطهٔ شگرف واضحتر شود آنرا بصورت محقق تری بيان ميكنيم : اگـر يك كيلو گرم زغال كاملا بكار مايه تبديل شود ساعتی ۲۵ ميليارد كيلـووات الكتريسته بوجود ميآورد ؛ يعنی اگر نيروی مولد برق تمام كارخانه های تهران را ۲۵۰۰۰ كيلووات درساعت فرض كنيم مقدار برقی كه ازاين يك كيلو گرم زغال نتيجه ميشود برای توليد يك قـرن برق مصرف شهر تهران كافی كافی خواهدبود!

معادلهٔ $E = mc^2$ جوابی است برای بسياری ازاسرار نهفته وبسيار

(۱) انرژی سينتيك يا Kinetlc energy

پیچیدهٔ فیزیك. این معادله توضیح میکند که چگونه اجسام رادیو آکتیو، مانند رادیوم واورانیوم ، ذراتی باسرعتهای بسیار بزرك ساطع میکنندو این عمل را ملیونها سال ادامه میدهند ؛ این معادله روشن میسازد که چگونه خورشید وثوابت دیگر ملیاردها سال‌است بنورافشانی وحرارت‌پراکنی ادامه میدهند ، چو اگر قرار بودکه مواد متشکلهٔ خورشید برطبق اصول معمولی احتراق درنتیجهٔ تولید حرارت ونور مصرف‌شوند وازمیان بروند صدها قرن بودکه زمین ما براثرتاریکی ویخ زدگی‌از میان رفته ونام ونشانی از آن برجانمانده‌بود؛ این معادله هویدامیسازد که چقدر نیرو دراتمها خفته ونهفته است وچند گرم اورانیوم کافی‌است دربمبی گذاشته شود تاشهریرا باخاك یکسان سازد ؛ وبالاخره این‌معادله بسیاری ازحقایق فیزیکی را ازپشت‌پردهٔ اسرار بیرون میاوردو آفتابی وآشکار میکند . پیش ازنظریهٔ نسبیت دانشمندان جهانراهمچون‌ظرفی می‌انگاشتند پراز دوعنصر متمایز و متفاوت : یکی راکد وقابل لمس‌و دارای خاصیتی بنام‌جرم ودومی سیال ونامرئی وبی‌جرم . اینشتاین‌نشان دادکه جرم وکارمایه بایکدیگر معادلند وخاصیتی که جرم نام دارد در حقیقت جز کارمایهٔ متمرکز نیست . در حقیقت جرم کارمایه‌است و کارمایه جرم، تفاوت میان آندو فقط حالتی‌است موقتی .

چه بسیار ازمعماهای‌طبیعت که درنور این‌اصل‌مهم گشوده‌شده‌اند: تأثیر متقابل وگیج کنندهٔ ماده وتشعشع دریکدیگر ، که گاهی بصورت همکاری ذرات و زمانی بشکل همبستگی امواج تجلی میکند ، بهتر قابل درك وفهم میشود ؛ نقش دوحقیقتی الکترون که گاهی مانندواحد ماده و وقتی مثل واحد الکتریسته ظاهر میگردد ، موج الکترونی ،

فوتون، امواج ماده، امواج احتمالات، یکدنیای امـواج ... همهٔ اینها کمتر ضد و نقیض بنظر میرسند؛ زیرا که تمام این مفاهیم تجلیات گوناگون یك «حقیقت» هستند ودیگر موردی باقی نمیماند که ببینیم کدام یك آنها «درحقیقت» وجود دارد و کدام یك ندارد. ماده و کارمایه به یکدیگر بدل میشوند. اگرماده جرم خودرا ازدست بدهد وباسرعت نورسیر کند تشعشع یاکارمایه نامیده میشود وبعکس اگر کارمایه قوام یابد وبیحرکت شود وجرم آن محسوس گردد آنراماده میگوئیم. سابقاً علم فقط میتوانست خواص وروابط زودگذر ماده وکارمایه را، آنچنانکه درقلمرو حواس محدود آدمی قـرار میگیرند، تشخیص دهـد، امـا در ۲۴ تیر ماه ۱۳۲۴ (=۱۶ژوئیه ۱۹۴۵) بشرتوانست که هریك از آن دورابدیگری تبدیل کند. زیرا که درآن شب، «درآلاموگوردو» (۱) درمکزیکوی جدید (۲)، انسان توانست برای اولین بار مقداری ماده‌رابنوروحرارت وحرکت، یعنی آنچه کارمایه مینامیم، مبدل سازد.



اما راز اصلی همچنان باقی است. سیرکامـل علم بسوی توحید مفاهیم ـ تحویل هرماده ای بعناصر وازآن پس تحویل عناصر بذراتی از چند نوع معدود، یاتحویل تمام نیروها بمفهوم واحد «کارمایـه» و از آن پس تحویل ماده وکارمایه بیك کمیت اصلی ـ مارا همچنان بسوی مجهول میکشاند. پرسشهای بسیار بصورت پرسش واحدی در میایند که شاید هیچگاه جوابی برای آن یافته نشود. واینك آن پرسش: جوهر

(۱) Alamogordo

(۲) New Mexico

و حقیقت این هیولای « جرم ـ کار مایه » چیست؟ و اصل و بنیاد آن حقیقت فیزیکی که علم در پی کشف و درکش در تکاپو است کدام است؟

باین نحو نظریهٔ نسبیت مانند تئوری کوانتوم، فکر انسان را از جهان نیوتنی دور میکند، جهانی که ریشه‌اش در فضا وزمان بود و بصورت یك ماشین بزرك و سر براه وقابل اداره شدن کارمیکرد. قواعدی که اینشتاین دربارهٔ حرکت وضع کرده است و اصول اساسی نسبیت مسافت وزمان وجرم واستنتاجهائی که از این اصول شده است همه جزء آنچه بنام « نظریهٔ خاص نسبیت » (۱) خوانده میشود قرار دارند. در ده سالی که پس ازانتشار این اثر ابتکاری گذشت، دانشمند بزرك دستگاه علمی وفلسفی خودرا بصورت « نظریهٔ عام نسبیت » (۲) بسط داد وبکمك آن بمطالعهٔ نیروهای مرموزی که حرکت ستاره‌ها وستاره های دنباله‌دار و شهابها و کهکشانها را اداره میکنند پرداخت و همچنین بمطالعهٔ همهٔ دستگاههای آهن وسنك و بخار و آتش که درخلاء بی‌پایانی که هیچکس بحد وحقیقت آن واقف نیست حرکت میکنند. نیوتن این نیرورا « جاذبهٔ عمومی » نامیده بود واینشتاین ازروی مفهومی که خود از این جاذبه داشت نظری خاص در بارهٔ کل جهان و معماری و ساختمان آن پیدا کرد.

اینشتاین میگوید: وقتی باشخصی غیرریاضی دان ازاجسام «چهار بعدی» گفتگو کنیم « چندشی » باودست میدهد که بحالتی که ازشنیدن علوم خفیه وسحر وجادو پیدامیکند بی‌شباهت نیست، حال آنکه هیچ

(۱) Special Theory of Relativity
(۲) General Theory of Relativity

تعریفی بمورد تر ازاین نیست که جهانی که « ما در آن زندگی میکنیم یك پیوستهٔ [۱] چهار بعدی مکانی‌زمانی [۲] است»

ممکن است « غیرریاضی دان » از اینشتاین سؤال کند که مقصود وی از کلمهٔ « بمورد » دراین بحث فلسفی چیست . ولی حقیقت آنکه اشکال بیشتر درعبارات و کلمات است تادراصل فکر . اگر معنی کلمهٔ « پیوسته » بدرستی مفهوم گردد تصوری که اینشتاین ازجهان بصورت یك پیوستهٔ چهار بعدی مکانی زمانی دارد ، یعنی تصوری که درواقع پی و بنیاد همهٔ مفاهیم جدید جهان است ، کاملا روشن خواهدشد . یك «پیوسته» چیزی است که ادامه داشته باشد . مثلا یك خط کش یك فضای پیوستهٔ یك بعدی است . خط کش‌های مدرج تامیلیمتر ، وبعضی تایکدهم میلیمتر ، درجه بندی شده‌اند . اما میتوان درعالم خیال خط کشی فرض کرد که تا یکمیلیونم یایك میلیاردم مدرج شده باشد . درعالم نظری دلیلی نمیتوان یافت برای اینکه فاصلهٔ دو نقطه ازاین‌هم کوچکتر نباشد . صفت مشخصهٔ یك «پیوسته» آن است که فاصلهٔ بین هردو نقطهٔ آنرامیتوان به‌تقسیمات هرقدر کوچك که بخواهیم منقسم کنیم .

---

(۱) پیوسته کلمه ایست که برای Continuum در نظر گرفته شده است . Cantinu um یا کمیت پیوسته که بمراعات اختصار آنرا پیوسته اصطلاح میکنیم بهر چیزی اطلاق میشود که ادامه داشته‌باشد وپیوسته همان باشد که بوده است و اجزاء آنرا جز بایك معیار خارجی نتوان ازیکدیگر تشخیص داد . از طرف برخی مترجمان ونویسندگان ، بجای Continuum لفظ « حیز » بکار برده شده‌است که چون دارای معنی ومفهوم مشخص‌است برای این‌کار زیاد مناسب دانسته نشد (ب)

(۲) Space – time . برای ترجمه این کلمه مرکب هم کلمه مرکب جایگاه از جا وگاه ، بکار رفته است ولی چون کلمهٔ جایگاه بطور قطع قید مکان است و در هیچیك از آثار زبان ما مفهوم زمان درآن نیست بهتر دانسته شد که از بکار بردن‌آن خود داری شود .



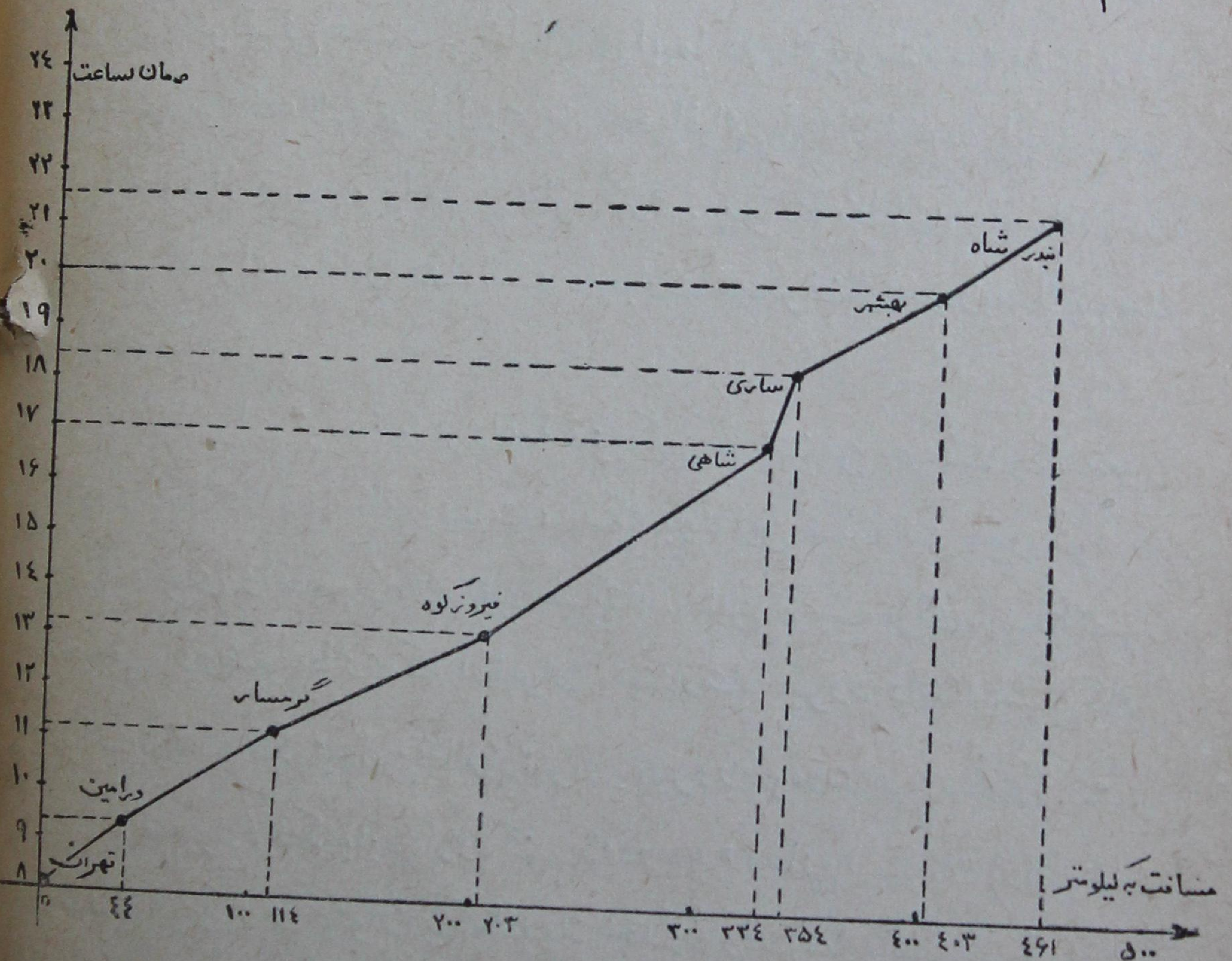
دراین تصویر پنج کهکشان می بینید که برروبهم « پنج کهکشان اسب بزرگ (Pegasus quintet) نامیده میشوندوهریك از آنها ، مانند کهکشان ما . جهانی است مرکب از صدها ملیون ستاره . اگر درتصویر دقت کنید درمی‌یابید که چگونه تأثیر جاذبه شکل برخی از این کهکشانهارا درهم ونامنظم کرده است . فاصلهٔ آنها از ما آنقدر زیاد است که نوری که صفحهٔ عکاسی را متاثر کرده وعکسی راکه دراین تصویر دیده میشود بوجود آورده ۲۲ ملیون سال قبل از کهکشانها صادر گردیده است . عظمت جهان باندازه ایست که نسبت کهکشان ما بعالم درست مانند نسبت خورشید ماست به کهکشان ما . برای آشنا شدن بعقیده ای که علمای هیئت بر اثر شناختن این کهگشانها نسبت بجهان پیدا کرده اند بصفحهٔ ۱۱۴ مراجعه کنید .

راه آهن یك فضای پیوستهٔ یك بعدی است و بر روی آن میتوان وضع هر نقطه را در هر زمان بوسیلهٔ یك مختص، یعنی فاصلهٔ آن از یك مبداء، مثلا یك ایستگاه یا یك سنك مسافت نمای کنار راه، معین و مشخص کرد. اما ناخدای سفینه‌ای که بر روی دریا سیر میکند با دو بعد سر و کار دارد؛ سطح دریا یك فضای پیوسته دو بعدی است و مختصاتی که بکمك آنها ناخدا وضع خودرا در هر لحظه دراین پیوستهٔ دو بعدی مشخص میسازد طول و عرض جغرافیائی هستند. خلبان هواپیما دریك پیوستهٔ سه بعدی پرواز میکند زیرا که علاوه بر طول و عرض جغرافیائی باید ارتفاع هواپیما، یعنی فاصلهٔ خود از زمین، راهم در نظر بگیرد. پیوستهٔ خلبان هواپیما فضاست بوضعی که برای ما قابل درك است. بعبارت دیگر فضای جهان ما یك پیوستهٔ سه بعدی است.

اما برای توصیف هر واقعهٔ فیزیکی که متضمن حرکت باشد تعیین جای واقعه در فضا کافی نیست، بلکه باید این نکته نیز معین شود که چگونه جای واقعه بازمان تغییر میکند. بااین ترتیب برای اینکه تصور صحیحی ازوضع قطاری که از تهران به بندرشاه میرود داشته باشیم کافی نخواهد بود که بگوئیم این قطار از تهران به فیروزکوه و شاهی و ساری و بهشهر و بندرشاه میرود بلکه باید علاوه کنیم که در چه «زمانی» بهریك ازاین نقاط میرسد. این کار رامیتوان بکمك یك جدول وقت نما یابکمك یك نقشه انجام داد. اگر کیلومترهای بین تهران و بندرشاه را بر روی یك صفحهٔ شطرنجی بر روی یك محور افقی و ساعات و دقایق را بر روی یك محور عمود بر آن نقل کنیم و بااین ترتیب وضع قطار را در هر لحظه مشخص سازیم خطی که این نقاط را بهم مربوط سازد پیشرفت قطار رادریك فضای پیوستهٔ

دو بعدی نشان میدهد .

این طرز تجسم بوسیلهٔ نمودار بسیار متداول و بنظر همه آشناست . مثلا یك نمودار که از وضع باراز رسم شود وضع مالی را دریك پیوستهٔ دو بعدی « پولی زمانی » مشخص میسازد . بهمین ترتیب پرواز هواپیما را از تهران بآبادان بکمك یك پیوستهٔ چهار بعدی مکانی زمانی بهتر میتوان مجسم ساخت دانستن x و y و z ، یعنی طول و عرض جغرافیائی وارتفاع



هواپیما ، برای مدیر دستگاه فقط وقتی اهمیت دارد که بداند هواپیما درچه زمانی از نقطه‌ای بآن مختصات عبور میکند . پس زمان بعد چهارم است . هرگاه بخواهیم پرواز هواپیمارا بر روی هم و بطور کامل مورد مطالعه قرار دهیم نباید آنرا بصورت اجزاء منفصل مانند بلند شدنها و

بالارفتنها وسیرهای افقی و بزمین نشستنهای جداگانه‌درنظر بگیریم بلکه باید بشکل یك منحنی اتصالی در یك پیوسته چهار بعدی مکانی زمانی نمایش دهیم.



ازآنجائیکه زمان کمیتی است که جسمیت ندارد و قابل لمس و احساس نیست نمیتوان پیوستهٔ چهار بعدی مکانی زمانی را بوسیلهٔ رسم شکلی یاساختن نمونه‌ای‌ای مجسم ساخت. اماتصور آن ممکن و نمایش ریاضی آن میسر است. ومرد دانشمند برای اینکه بتواند فضاهای بی‌انتهائیرا که درورای منظومهٔ شمسی ودرورای مجموعه های ستاره‌ها و کهکشانهائی که چون ابر بنظر میرسند، ودرورای کهکشانهای دیگر ودورتری که در اعماق بی‌پایان فضا نورافشانی میکنند، وجود دارد توصیف کند باید همه را درپیوسته‌ای که دارای سه بعد مکان و بعدچهارم زمان باشد تعقل وتصور نماید. مادرفکر خودسعی میکنیم که این بعدهارا ازیکدیگرجدا کنیم؛ تصوری از مکان و تصور دیگری از زمان داریم؛ امااین جدائی کاملا درونی وذهنی است و، همچنانکه نظریهٔ خاص نسبیت نشان داده است، فضا ومکان وقتی که جدا ازیکدیگر درنظر گرفته شوند مقادیری نسبی هستند که برحسب شخص ناظرفرق میکنند. همچنانکه درنمایش دقیق خانه ودرخت وانسان، طول رانمیتوان ازابعاد دیگر، یعنی عرض وارتفاع یاضخامت، جداداننست درهر توصیف عینی جهان، آنچنان که ملایم طبع علم باشد، دیگر نمیتوان زمان را از ابعاد مکانی جدا کرد. هرمان مینکوسکی، (۱) ریاضی دان بزرك آلمانی، همان کسی که جنبهٔ ریاضی

(۱) Herman Minkowsky

پیوستهٔ مکانی زمانی را بسط داد و بصورت وسیلهٔ مناسبی برای بیان اصول نسبیت در آورد، معتقد است که: زمان و مکان منفصل و مجزا از یکدیگر بصورت شبحی بیش نیست و آنچه حقیقت دارد نوعی ترکیب آنهاست»

اما نباید تصور کرد که پیوستهٔ مکانی زمانی فقط یك موجود و مخلوق ریاضی است. جهان خود یك پیوستهٔ مکانی زمانی است؛ هر حقیقتی هم در مکان است و هم در زمان و این دو از یکدیگر جدا شدنی نیستند. هر نوع اندازه گیری زمان در حقیقت اندازه گرفتن فضاست و بعکس هرچه را در فضا اندازه بگیریم در واقع در زمان اندازه گیری میکنیم ثانیه و دقیقه و ساعت و روز و هفته و ماه و فصل و سال اندازه های اوضاع مختلف زمینند نسبت بخورشید و ماه و ستاره ها. همچنین عرض و طول جغرافیائی، یعنی مختصاتی که بکمك آنها انسان وضع خود را بر روی زمین مشخص میسازد، بادقیقه و ثانیه اندازه گرفته میشوند و برای اینکه آنها را بدقت اندازه بگیریم لازم است بدانیم که در چه ساعتی از روز و چه روزی از سال هستیم. نشانه هائی مانند استوا و مدار راس السرطان و مدار راس-الجدی و مدارهای قطبی ساعتهائی هستند که تغییر فصول را نشان میدهند. نصف النهار مبداء مختصی است که وقت روز را میشناساند و «ظهر» چیزی جز زاویهٔ خورشید با زمین نیست.

در این صورت هم معادل بودن فضا و زمان در حقیقت وقتی مسلم میشود که بتماشای ستاره ها بپردازیم. در میان صورتهای فلکی که در نظر ما آشنا هستند برخی «حقیقی» هستند و بعضی «ظاهری». حقیقی صورتهائی هستند که ستاره های ترکیب کنندهٔ آنها تابع یکدستگاه جاذبهٔ واقعی

بوده باوضعی منظم نسبت بیکدیگر حرکت میکنند. صورتهای دیگر ظاهری اند و وجود اجزاء آنها بر اثر خطای مناظر و مرایااست و فقط در نتیجهٔ آن است که ستاره های متعدد درامتداد یك شعاع بصری قرار دارند. درچنین صورتهائی ممکن است دوستاره که دارای یکدرجه تابش باشند نزدیك بهم دیده شوند و شخص خیال کند که آنها پهلوی یکدیگرند درصورتیکه فاصله ما از یکی از آنها ۴۰ سال نوری و نور دیگری ۴۰۰ سال نوری باشد.

واضح است که دانشمندستاره شناس باید جهان را یك پیوستهٔ فضا ـ زمانی بداند. وقتی که از درون لولهٔ دوربین نجومی خود نگاه میکند تنها چشم بفضائی که درپیش رو دارد نمیدوزد بلکه بزمانی هم که پشت سر گذاشته است توجه دارد. دوربین های بسیار حساس عکاسی او نور بسیار ضعیف مجموعهٔ ستاره هائی را ثبت میکند که پانصد میلیون سال نوری ازمافاصله دارند واین نور ضعیف موقعی از آن ستاره‌ها جداشده است که در دوران عمر زمین اولین موجودات مهره دار (ذیفقار) از دریاهای گرم عهد اول [۱] بسوی خشکی خزیدن گرفته بودند. منظار ـ الطیف او باومیگوید که‌این دستگاههای عظیم سماوی، دوراز کهکشانی که ما جزء آنیم، باسرعت باورنکردنی ۵۰۰۰۰ کیلومتر درثانیه، در فضای بی‌انتها حرکت میکنند، یابهتر بگوئیم، پانصد میلیون سال نوری پیش با این سرعت حرکت میکرده‌اند. کسی نمیتواند بگوید که آن ستاره ها حالا کجاهستند و آیا اصلا وجود دارند یانابود شده‌اند. اگر ما تصویری راکه ازجهان ترسیم کرده ایم بسه بعد ذهنی فضا و یك بعد زمان منقسم کنیم آنچه بطورمسلم ازاین مجموعه ها باقی می ماند لکه‌هائی

(۱) Paleozoic

است که درنتیجهٔ نور آنها برروی صفحهٔ حساس دوربین عکاسی گذاشته میشود . واقعیت وحقیقت آنها فقط وقتی است که دریك پیوستهٔ چهار بعدی فضا زمانی درنظر گرفته شوند .



بشر درمدت کوتاهی که زمین راتحت اختیار دارد ، ازروی خود ـ پرستی ، همه وقایع وحوادث رابامعیاری که خوداز گذشته وحال وآینده احساس میکند سنجیده است. اما باستثنای آنچه درحلقهٔ تصور ماست ، درجهان عینی وعالم حقیقی هیچ چیزاتفاقی نیست بلکه ، درکمال سادگی ، وجود دارد . حقیقت عالم را جز بافکری بعظمت خود آن اندازه نمیتوان گرفت اما میتوان آنرا ، برهبری یك ریاضی دان ، باعلامت و نشانه ای بصورت یك پیوستهٔ چهار بعدی فضا زمانی نمایش داد . درك پیوستهٔ فضا ـ مکانی ملازمه دارد بافهم نظریهٔ عام نسبیت و آنچه این نظریه دربـارهٔ جاذبه ، یعنی نیروی نهفته ای که اجزاء جهانرا بیکدیگد پیوند میدهد وشکل وهیکل آنرا قوام می بخشد، اظهار میدارد .

۱۰

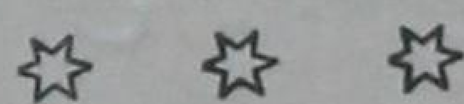
اینشتاین درنظریهٔ خاص نسبیت عارضهٔ حرکت را مورد مطالعه قرار داده‌خاطر نشان ساخت که ظاهراً درجهان دستگاه مقایسه‌ای نتوان یافت که باآن انسان بتواندحرکت «مطلق» زمین ، یاهردستگاه متحرك دیگری ، راتشخیص دهد. حرکت را میتوان فقط بصورت تغییر وضع جسمی نسبت بجسم دیگر درنظر گرفت. مثلا مامیدانیم که زمین نسبت بخورشید باسرعت ۳۰ کیلو متر در ثانیه حرکت میکند. تغییر فصول نماینده ومؤید این حرکت است. اما تاچهار صد سال پیش تغییر جای خورشید درآسمان موجب این فرض شده بود که خورشید بدور زمین میچرخد وعلمای نجوم قدیم بر بنیان این فرض یك جراثقال سماوی کاملا عملی بوجود آورده بودند که بکمك آن میتوانستند عوارض مهم سماوی را بانهایت دقت پیشگوئی کنند. فرض آنان کاملا طبیعی بود ، چو ما بهیچ روی حرکت خودرا درفضا احساس نمیکنیم وهیچ تجربهٔ فیزیکی ثابت نکرده که‌زمین عملادرحرکت‌است. وهرچند سیارات‌دیگروثوابت وکهکشانها و دستگاههای متحرك دیگر ، پیوسته وبی‌لحظه ای آرام و قرار ، تغییر وضع میدهند حرکت هر یك از آنها نسبت بدیگری قابل مشاهده وترصداست واگرازمیان تمام اجرام سماوی فقط یکی را

باقی میگذاشتند و بقیه را از میان بر میداشتند معلوم نمی شد که آن یکی ساکن است یاباسرعت ثانیه‌ای ۱۵۰ هزار کیلومتر درفضا سیر میکند. حرکت حالتی است نسبی؛ تاوقتی وضع جسمی را بادستگاه مقایسه ای نسنجیده ایم سخن از متحرك بودن آن گفتن امری است بی‌معنی.

اینشتاین اندکی بعد از انتشار «نظریهٔ خاص نسبیت» خود مردد گردید که آیا براستی حرکتی نمیتوان یافت که فقط درنتیجهٔ اثرفیزیکی که برروی خود دستگاه میگذارد و بدون مراجعه و مقایسه بادستگاه دیگر مشهود افتد و درنتیجه حرکت «مطلق» شناخته شود؟ مثلا مسافری،که درددرون قطاربی‌تکانی مسافرت میکند ازروی آزمایشی که درداخل قطار انجام دهد نمی‌تواند بگوید که در حال حرکت است یا سکون. اما اگرراننده بناگاه ترمز کند، یاسرعت را بمقدار خیلی‌زیاد افزایش دهد، مسافر براثر تکانی که میخورد متوجه حرکت میگردد. یا اگرقطار بسمتی بپیچد درنتیجهٔ کششی که بدن مسافر، براثرمقاومت درمقابل تغییر جهت، بخارج پیدامیکند وی متوجه میشود که قطار در روی مسیرخود تغییر جهت میدهد. بنابراین اینشتاین استدلال کردکه اگر دردنیا فقط یك چیز، مثلافقط زمین وجود داشت وناگهان‌شروع میکرد بحرکات نامنظم کردن ساکنان آن باتأثیر نامطلوبی ازحرکت خود آگاه میشدند. ازاین مطلب این فرض نتیجه گرفته میشودکه هر حرکت متغیر (غیر یکنواخت)، مانند حرکاتی که براثر نیروها بوجود میآیند ودارای شتاب‌هستند، ممکن‌است «مطلق» دانسته‌شود. ونیزاین فرض که فضای تهی رامیتوان دستگاه مقایسه ای دانست که درددرون‌آن

تشخیص حرکت مطلق ممکن باشد.

برای اینشتاین که در نظرش فضا هیچ و حرکت نسبی بود ، این صفت مشخصهٔ بظاهر منحصر بفرد حرکت غیر یکنواخت بسیار مخل و مزاحم بود. دانشمند بزرگ در نظریهٔ خاص نسبیت خود مبنا را این امر قرار داده بود که در مورد تمام دستگاههائی که نسبت بیکدیگر حرکت یکنواخت دارند قوانین طبیعت یکی هستند. وچون به هم آهنگی کلی طبیعت ایمان راسخ داشت نمیتوانست باور و قبول کند که هیچ دستگاهی در حالت حرکت غیر یکنواخت بدستگاه خاصی تبدیل گردد که در آن قوانین طبیعت باحالت عمومی متفاوت باشند. بنابراین مبنای نظریهٔ عام نسبیت را براین امر قرارداد که : حرکت دستگاهها هرچه باشد قوانین طبیعت برای تمام آنها یکسان هستند. سپس برروی این مبنا کار کرد و آنرا توسعه داد وقوانین جاذبهٔ جدیدی وضع نمود که بیشتر مفاهیمی را که درمدت سیصد سال جهانرا درمخیلهٔ انسان مجسم ساخته بودند دگرگون ساخت وزیرورو کرد.



اساس کار اینشتاین برقانون جبر نیوتن بود. این قانون ، که هر طفل دبستانی بر آن واقف است ، چنین است : « هر جسم که در حال سکون باشد ، یاحرکتی متشابه ومستقیم الخط داشته باشد ، درهمان حال خواهد ماند مگراینکه نیروئی آنرا مجبور کند که ازحال سکون بحرکت یااز حال حرکت بسکون درآید » همین خاصیت جبر موجب میشود که ما تغییر سرعت قطار یاتغییر جهت آنرا دریابیم. بدن ما میخواهد بحرکت یکنواختی که درروی خط مستقیم داشته است ادامه دهد ووقتی که قطار

نیروی دیگری بآن وارد میسازد خاصیتی که جبر نام دارد درمقابل این نیرو مقاومت میکند . و نیزهمین جبراست که لکمتیوی راکه میخواهد سرعت یك قطار سنگین واگنهای باری را بیشتر کند به « نفس زدن » و « تلاش کردن» وامیدارد .

نکتهٔ دیگر. وقتی که واگنها پرازبار باشند لکمتیو بیشتر وسخت تر کار میکند وزیاد تر زغال میسوزاند تا وقتی که خالی باشند . نیوتن به قانون جبر خود قانون دیگری افزود بدین مضمون : مقدار نیروئی که برای شتاب دادن بجسمی لازم است متناسب است باجرم آن جسم ، و اگریك نیرو بردوجسم که جرمهای متفاوت داشته باشند اثر کند بجسمی که جرم کمتر دارد شتاب بیشتری می بخشد وبدیگری شتابی کمتر . این اصل درمظاهر مختلف زندگانی روزانهٔ بشر ، ازراندن کالسکهٔ بچگانه تاخالی کردن توپ ، صادق است . درحقیقت این اصل تعمیم این حقیقت ساده و مسلم است که یك توپ بازی را میتوانیم زودتر وتندتر پرتاب کنیم که تایك گلولهٔ توپ را .

باوجود این ، وضع خاص و عجیبی وجود دارد که در آن ظاهراً رابطه ای بین شتاب جسم متحرك وجرم آن نیست : توپ بازی و گلوله توپ درحال سقوط درست یك شتاب پیدا میکنند . این خاصیت را برای اولین مرتبه گالیله کشف کرد و بوسیلهٔ تجربه ثابت نمود که اگرازمقاومت هوا صرفنظر شود تمام اجسام ، صرفنظر ازجنس وشکلشان، بایك سرعت سقوط میکنند. اگر بهنگام سقوط ، سرعت مثلا دستمال ازسرعت توپ بازی کمتر باشد بسبب آن است که مقاومت هوا در مقابل دستمال ، بعلت هیات وشکل آن ، بیشتراست . اما چیزهائی که یك شکل داشته باشند

مانند توپ بازی و گلوله (کروی) توپ و تیلهٔ بازی ، همه بایك سرعت فرومی‌افتند (درخلاء سرعت سقوط دستمال و توپ‌هم یکی است) . این خاصیت ظاهراً قانون جبر نیوتن رانقض میکند . چرا دوجسم در حال سقوط (درامتدادقائم) ، صرفنظر ازشکل‌وجرمشان، یك سرعت دارند‌اما اگر باقوای متساوی درامتداد خط افقی رانده شوند سرعت آنهابطور دقیق بستگی بجرمشان دارد ؟ مثل اینکه عامل جبر فقط درامتدادافقی تأثیرمیکند. امانه.

جوابی‌را که نیوتن‌باین معما داد باید درقانون جاذبهٔ او یافت : نیروی مرموزی که‌با آن جسمی جسم دیگر را جذب میکند به نسبت جرم جسمی که جذب میشود افزایش‌می‌یابد . هرچه جسم بزرگتر باشد تأثیر جاذبه برروی آن بیشتراست . اگرجسمی کوچك‌باشد جبر آن ، یامیل آن بمقاومت در مقابل حرکت ، کوچك است اما تأثیری هم که جاذبه‌برروی آن می‌بخشد کوچك میباشد. بعکس جبر جسم بزرك‌بزرك است وتأثیر نیروی جاذبه نیز چنین است . بنابراین تأثیر جاذبه درروی هرچیزدرست باندازه ایست که برخاصیت جبر آن فایق آید و بهمین‌دلیل است که همه اشیاء ، بایك سرعت فرومی‌افتند وجرم‌جبری آنهادراین‌امر تأثیری‌ندارد .

این انطباق مهم ، یعنی تعادل کامل جاذبه وجبر ، تعبداً پذیرفته شد. امادرمدت سه‌قرنی که اززمان‌نیوتن‌میگذرد موجبی برای آن پیدا ، ودلیلی‌اقامه، نشده بود . همهٔ اصول فنی ومهندسی جدیدازمفاهیم‌نیوتن سرچشمه میگرفت وآسمان نیز بظاهر برطبق‌همان قواعد عمل میکرد . اینشتاین ، که همهٔ اکتشافاتش نتیجهٔ بی‌اعتقادیش‌باصول گذشته بود ، با

بسیاری از افکار نیوتن میانه نداشت . ازجمله دراین امرشك داشت كه تعادل كامل جاذبه وجبر فقط يك عمل اتفاقی طبیعت باشد . این فکررا كه جاذبه نیرومی باشد كه برفور براجسامی كه درفواصل بسیاردورهستند تأثیر کند بدور افکند . این اصل راهم خیلی بعید دانست که زمین در فضا تلاش کند وهرچیزرا بانیروئی که بوضعی تغییر ناپذیر ومعجزه آسا باخاصیت مقاومت جبری آن چیز معادل باشد بسوی خود جذب نماید . درنتیجهٔ این اشکالات وایرادات تئوری جاذبهٔ عمومی جدیدی وضع کرد که، برحسب آزمایشهامی که شده است ، بهتر و بیشتر ازقانون قدیمی نیوتن باطبیعت وفق میدهد.

۱۱

اینشتاین بافکر خلاق خود صحنهٔ بدیعی فرض کرد . جزئیات این صحنه بی‌شبهه درساعتهای بیخوابی یادرعالم خواب و بیداری بفکر بسیاری از متفکران دیگر نیز گذشته‌است . دانشمند بزرك ساختمان بسیار بسیار مرتفعی فرض کرد که در درون آن بالارو (آسانسور) آن از طنابهای فولادینی که‌حامل آن بوده‌اند جداشده‌است و بحالت آزاد سقوط میکند . دردرون این بالارو عده‌ای ازدانشمندان ، بی آنکه کوچکترین اطلاعی ازسرنوشت وحشت آور خود، یعنی سقوط بالارو ، داشته باشند و کمترین دغدغه‌ای بخاطر راه دهند ، مشغول آزمایشهای فیزیکی هستند ؛ ازجیب خوداشیائی مانند قلم‌خودنویس ، مسکوك ، یادسته کلید، بیرون میآورند وبحال آزاد رها میکنند . یاللعجب ! در نظر دانشمندان چنین مینماید که خودنویس وپول ودسته کلید آنان درمیان زمین و آسمان معلق مانده‌اند و هیچ تغییری نمیکنند! سبب آن‌است که همهٔ آنها با بالارو و دانشمندان درون آن ، بحال آزاد درکار سقوط هستند ومطابق قانون جاذبهٔ نیوتن همه یك سرعت دارند . چون مردان درون بالارو از وضع ناهنجار و عاقبت کارخود آگهی ندارند ممکن‌است این پیش آمد عجیب را بوضع دیگری تعبیر و توجیه کنند. مثلا ممکن‌است فرض کنند که ، بنیروی جادو ،

ازحوزهٔ جاذبهٔ زمین بیرون رفته و در فضا بحال تعلیق مانده‌اند . برای این فرض خود دلیلی هم خواهندیافت ، مثلا اگریکی ازآنان کف بالارو بطرف بالا جستنی کند بنحوی آرام وملایم درفضای موج خواهد زد و باسرعتی یکنواخت ومتناسب بانیروی جهش خود، بطرف سقف بالاروخواهد رفت ؛ یااگریکی ازآنان قلم یاکلید خودرادرجهتی براندورها کند آن چیزدر آن جهت باحرکتی یکنواخت پیش خواهدرفت تاوقتیکه بدیوار اطاقك بخورد . درآن محیط همه چیز بظاهر ازقانون جبر نیوتن تبعیت میکند وبحال سکون یاحرکت یکنواخت و مستقیم الخط خود ادامه میدهد . اطاقك بالارو در حقیقت یك دستگاه جبری شده است و مردان درون آن نمیتوانند بفهمند که آیااطاقك آنان درحوزهٔ قوهٔ ثقل سقوط میکند یا در فضا بحالت آزاد موج میزند وهیچ قوه ای را بر روی آن اثری نیست .

اینشتاین صحنه راعوض میکند . دانشمندان ما هنوز در اطاقك همان بالارو هستند اما این مرتبه درحقیقت درفضا آزادند و قوهٔ جاذبهٔ هیچ جرم آسمانی برآنان اثر ندارد . طناب پولادینی بسقف اطاقك متصل است ونیروی خارق العاده شروع میکند بگرداندن طناب حول یك قرقره وبالابردن بالارو با شتاب ثابت ، یعنی باحرکتی که سرعتش بتدریج و با نسبت ثابتی زیاد میشود . بازهم مردان درون بالارو بحال خویش وقوف ندارند و نمیدانند کجاهستند و برای پی بردن بموقعیت خود باز آزمایشهائی میکنند . این دفعه می بینند که پاهایشان محکم بزمین چسبیده است ، اگرجهش کنند دیگرموج زنان بطرف سقف نخواهند رفت ، زیراکه کف اطاق بدنبال آنان بالامیآید ؛ اگرچیزی راازدست رها

سازند آن چیز بظاهر « سقوط میکند » ؛ اگر شیئی را بطرفی برانند دیگر بخط راست حرکت نمیکند ، بلکه نسبت بکف اطاقك یك منحنی سهمی طی میکند . و ، باین ترتیب ، دانشمندان ما که نمیدانند اطاقك بی در و روزن آنان درفضا درحال صعود است میپندارند که دراوضاع وشرایط کاملا متعارفی در اطاقی که محکم بزمین متصل است هستند ، ومطابق معمول تحت تأثیر قوهٔ جاذبهٔ قراردارند . درحقیقت وسیله‌ای نیست که این مردان بتوانند بفهمند کـه آیا درتحت تأثیر قوهٔ ثقل در حال سکونند یافارغ از تأثیر این قوه در فضای خارجی باشتاب ثابتی بطرف بالا کشیده می‌شوند .

اگر اطاقك آنان بلبهٔ « چرخ فلك » عظیمی متصل باشد وبا آن در فضای خارجی دوران کند باز چنین و ضع مبهم وغامضی بـرای آنان پیش می آید : می‌بینند ، که نیروی عجیبی سعی میکند که آنانرا از مرکز چرخ فلك دور کند ؛ اگریك ناظر متفکرخارجی مراقب آنان باشد نام این نیرو را جبریا ، آنچنان که در حرکت دورانی مصطلح است ، قوهٔ گریز ازمرکز میگذارد . اما خود آنان ، که همچنان ازوضع حقیقی و سرنوشت خودبی اطلاعند ، بازوضع رابقوهٔ جاذبه نسبت میدهند ، زیرا که اگردرون اطاقك ازهر پیرایه‌ای عاری باشد هیچ نشانه واماره‌ای برای تشخیص سقف از زمین ودیوار اطاقك نیست مگر نیروئی که آنانرا بطرف یکی ازسطوح داخلی میکشاند ، و آنچه که درنظر ناظر خارجی « دیوار » اطاقك است درنظر مردان درون آن « کف » آن خواهدبود . یك لحظه تفکر نشان میدهد که درفضای خالی « بالا » ویا « پائین » وجود ندارد . آنچه راکه ما درروی زمین « پائین » مینامیم جز امتداد قوهٔ ثقل نیست .

بنظر کسی که درخورشید باشد چنین میرسد که مردم افریقا ، یا استرالیا ، یا آرژانتین ، بپا به نیمکرهٔ جنوبی آویخته اند. باحالتی مشابه بنظر میرسد که پرواز « دریاسالار برد »[1] ازفراز قطب جنوب یك خطای باصرهٔ ریاضی بود، وی ازبالای قطب جنوب نگذشت بلکه درحالیکه سرش بطرف پائین و پاهایش بطرف بالا بود، اززیر قطب پرواز کرد. باین ترتیب نتیجهٔ همهٔ آزمایشهای مردان درون اطاقك متصل بچرخ وفلك درنظر آنان عیناً همان نتایجی بود که وقتی اطاقك ببالا کشیده میشد گرفته بودند. بازهم پای آنها « بکف » اطاقك چسبیده است و بازهم اشیاء سقوط میکنند و بازهم آنان همهٔ این آثار را به نیروی جاذبه نسبت میدهند وخودرا درمیدان قوهٔ جاذبه درحال سکون میدانند.



ازمیان این حوادث خیالی اینشتاین نتیجه ای گرفت که از جنبهٔ نظری دارای اهمیت شایان بود. این نتیجه در نزد علمای فیزیك عنوان « هم ارزی[2] جاذبه وجرم » دارد. حاصل آن بطور بسیار ساده این است که برای تمیز و تشخیص حرکتی که بوسیلهٔ نیروهای جبری (شتاب ، کمانه ، گریزازمرکز وغیره) بوجود میآید ازحرکتی که نتیجهٔ نیروی جاذبه است راهی ووسیله ای نیست. اهمیت وارزش این اصل برای هوا-نوردان بسیار واضح است، زیرا که درهواپیما جدا کردن آثار جاذبه از آثار جبر ممکن نیست. تأثیری که یك « شیرجه » ، یعنی حرکت سقوطی ، در هوانوردی میبخشد عیناً مانند اثری است که ازیك تغییر جهت بسیار شدید عارض میشود ؛ در هردو حالت عاملی که نزد پرواز کنندگان به « بارجاذبه »

---

(۱) Admiral Byrd

(۲) Equivalence

معروف است بروز میکند وخون از مغز بیرون کشیده میشود و بدن به سنگینی در جائی که نشسته است فرو میرود . گاهی ممکن است این آثار برای خلبانی که بدون اسباب باصطلاح « پرواز کور » میکند آثار جدی وحتی شوم ببار آورد .

اینشتاین دراین اصل ، که درحقیقت پی واساس نسبیت عام است، جواب معمای جاذبه ومسئلهٔ « حرکت مطلق » ، هردو را یافت . ثابت کرد که هیچ چیز واحد یامطلق درحرکت یکنواخت وجود نداردزیرا که بین آثار حرکت غیریکنواختی که ممکن است حالت حرکت جسمی را ، ولوآنکه آن جسم درفضا تنهاباشد ، ظاهر سازد و آثار جاذبه فرقی وتمایزی نیست . باین ترتیب، درمورد حرکت چرخ وفلك ، آنچه راکه درنظر ناظری کشش نیروی جبریانیروی گریز ازمرکز جلوه کرده بود ناظر دیگر تأثیر معمولی جاذبه پنداشته بود . همچنین هراثر جبری دیگر را ، که براثر تغییر یا تغییر جهت حاصل شود ، میتوان معلول تغییر و نوسان حوزهٔ جاذبه دانست . پس مقدمهٔ اساس نسبیت صحیح و معتبر است، و بوجود هر حرکت ، اعم از یکنواخت یا متغیر ، فقط میتوان با مراجعه به یك دستگاه مقایسه پی برد و حرکت مطلق وجود ندارد .

شمشیری که با آن اینشتاین اژدهای حرکت مطلق را از پای در - آورد « جاذبه » بود . اما جاذبه چیست؟ جاذبهٔ اینشتاین بکلی باجاذبهٔ نیوتن تفاوت دارد . جاذبهٔ اینشتاین « قوه » نیست ودرنظراوفکراینکه اجسام مادی بتوانند « یکدیگر را جذب کنند » خطائی است که از مفهومهای دور ازصواب طبیعت ناشی شده است . تاوقتی که انسان فکر

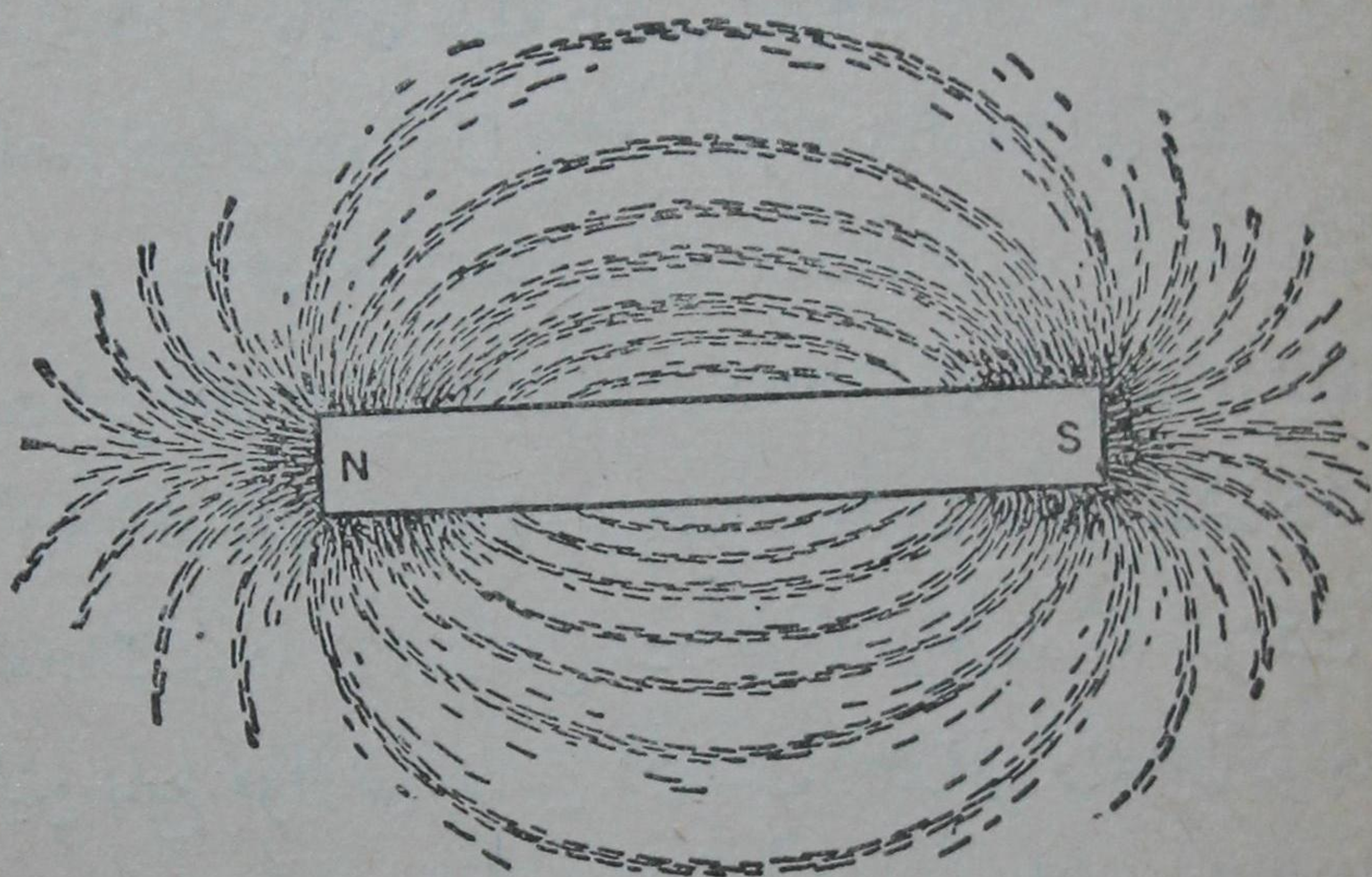
میکند که جهان مانند ماشینی بزرك است این فکر نیز طبیعی است که هرجزء آن بتواند برروی اجزاء دیگر قوه‌ای اعمال نماید. اما هرچه علم بیشتر بطرف حقیقت جلو میرود بیشتر آشکار و مسلم میشود که جهان مطلقا مانند ماشین نیست. قانون جاذبهٔ اینشتاین مطلقا باقوه سروکار ندارد، و وقتی که وضع اشیاء (مثلا ستاره ها) را در یك حوزهٔ جاذبه موردمطالعه قرارمیدهدمسیر آنهارادرنظرمیگیردنه‌نیروئی‌را که آنها را بسوی خود جذب نماید. جاذبهٔ اینشتاین درکمال سادگی جزء جبر است؛ حرکات ثوابت وسیارات نتیجهٔ خاصیت جبری است که درخود آنهانهفته‌است وسیر آنهاراخواص طولی [1] فضا، یابعبارت‌صحیح‌تر و روشنتر، خواص طولی پیوستهٔ فضازمانی معین میسازد.

هرچند ممکن‌است آنچه گفته‌شد خیلی‌مجرد، وشایدهم‌متناقض، بنظر برسد اما بمجرد آنکه دراین‌فکر تردید کنیم که ممکن باشداجسام مادی ازفاصلهٔ ملیونهاکیلومتر نیروهای فیزیکی برروی یکدیگراعمال کنند صحت آنچه گفتیم‌واضح‌ومسلم‌خواهدشد. مفهوم «تأثیرازدور [2]» هم اززمان نیوتن برای دانشمندان‌تولیدزحمت فکری کرده بود، مثلا درفهم پدیده‌های برقی ومغناطیسی اشکالاتی‌پیش‌می‌آورد. امروز دیگر دانشمندان نمیگویندکه آهن‌ربا قطعهٔ آهنی را ازدور و بوسیله نوعی «تأثیر ازدور» مرموز، اما آنی، جذب میکند. بلکه‌میگویندآهن‌ربا درفضا گرداگرد خود وضع فیزیکی خاصی بوجود میاورد که «حوزه‌یا میدان مغناطیسی» نامیده میشود واین میدان مغناطیسی در روی آهن

Metric properties (۱)

Action - af - a - distahce (۲)

تأثیر میکندو آنرا بوضعی درمیاورد که قابل پیش بینی است. دانش آموزان دوره های مقدماتی علوم بخوبی شکل یك میدان مغناطیسی رامیشناسند زیرا اگر مقداری برادهٔ آهن را درروی یك قطعه کاغذ مقوائی بریزند و روی آهن ربائی نگاه دارند وبوسیلهٔ تکانهای کوچکی که بکاغذ میدهند جابجا شدن براده‌ها را آسان کنند حوزهٔ مغناطیسی آهن ربا تشکیل و باچشم دیده میشود (ش ٤). حوزهٔ مغناطیسی وحوزهٔ الکتریکی حقایق فیزیکی هستند وساختمان مخصوصی دارند که بوسیلهٔ معادلات حوزه‌ای



جمس کلارك ماکس ول [1] مشخص میشود. این معادلات درحقیقت راه رابرای تمام اکتشافات الکتریکی ومهندسی رادیو در قرن گذشته باز کردند. حوزهٔ جاذبه نیزمانند حوزهٔ مغناطیسی یك حقیقت فیزیکی است وساختمانش بوسیلهٔ معادلات حوزه‌ای اینشتاین مشخص میگردد.

درست همانطور که ماکس ول وفارادی اظهارداشتند که مغناطیس دراطراف خود برخی خواص ایجاد میکند اینشتاین هم نتیجه گرفت که

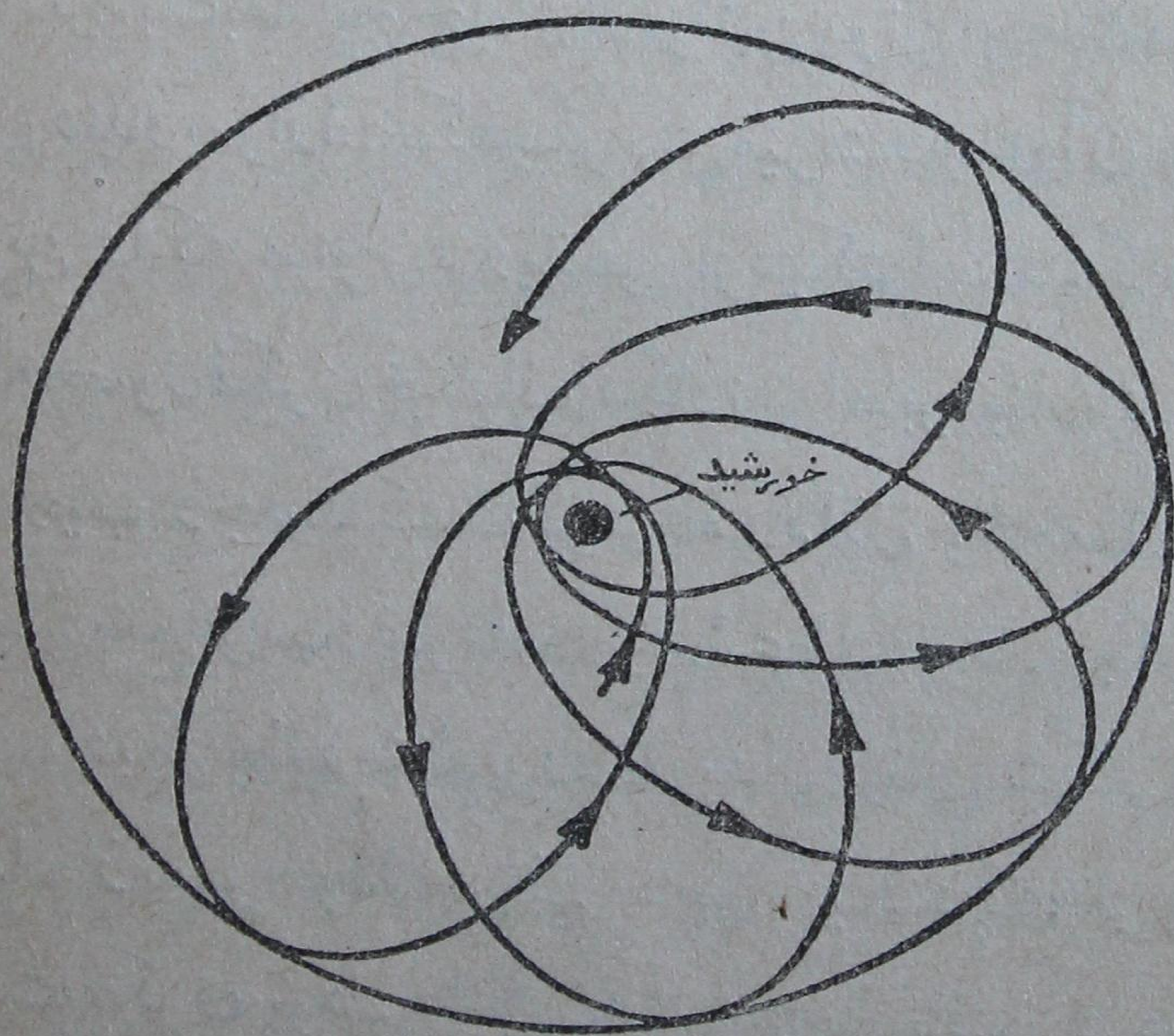
(۱) James Clerk Maxwell

ستاره‌ها و ماهها و اجرام سماوی دیگر هریك به تنهائی خواص فضای مجاور خویش را بوجود میآورد ؛ و همانقسم که حرکت برادهٔ آهن در حوزهٔ مغناطیسی تابع ساختمان حوزه است مسیر هرجسم سماوی هم که دریك حوزهٔ جاذبه ائی واقع شده باشد برحسب نظام خاص آن حوزه مقرر میگردد . اختلاف و تمایز بین عقاید نیوتن واینشتاین را در بارهٔ جاذبه گاهی بوسیلهٔ این مثال مجسم میسازند: فرض کنیم کودکی در قطعه زمین کوچکی مشغول تیله بازی باشد . زمین ناهموار و دارای پستیها و بلندیهای بسیار است . ناظری که از بالای طبقهٔ دهم بکودك و بازی او نظاره میکند نمیتواند ناهمواریهای زمین را ببیند وچون تیله هارامی بیند که از بعضی قسمتهای زمین اجتناب میکنند و بطرف قسمتهای دیگر منحرف میشوند ممکن است این فکر برایش پیش آید که « قوه‌ای » برروی تیله‌ها تأثیر دارد که آنهارا از بعضی نقاط زمین دفع و بطرف بعضی نقاط دیگر جذب میکنند . اماناظری که روی زمین باشد فوراً میفهمد که حرکت تیله‌ها، برروی زمین تابع عوارض خاص آن است . دراین داستان کوچك نیوتن ناظر طبقهٔ دهم است که قوه‌ایرا در کار میداند واینشتاین ناظر روی زمین، که هیچ دلیلی برای چنین فرضی ندارد. بنابراین قوانین جاذبهٔ اینشتاین فقط عبارت است از بیان خواص حوزهٔ پیوستهٔ فضازمانی . توضیح بیشتری بدهم : این قوانین دودسته هستند ، یکدسته که « قوانین ساختمانی » نامیده میشود رابطهٔ بین جرم جسمی راکه درداخل حوزهٔ جاذبه است باساختمان محیط اطراف آن بیان میکند ودستهٔ دیگر که «قوانین حرکتی» نام دارد مسیرهای اجسام متحرك را در درون حوزه تجزیه و تحلیل مینماید.

نباید تصور کرد که نظریهٔ جاذبهٔ اینشتاین فقط یك طرح صوری ریاضی است بلکه اساس آن بر فرضیاتی است که از نظر هیئت معنی عمیق دارند. مهمترین این فرضیات اینست که جهان یك بنای جامد و خشك نیست که در آن ماده بطور مستقل، در فضا و زمان مستقل، قرار داشته باشد بلکه بعکس یك پیوستهٔ بی شکلی است که معماری و ساختمان معین ندارد و شکل آن تغییر پذیر و خود آن پیوسته دستخوش تبدیل و تغییر است. هر جا که ماده و حرکت باشد این پیوسته دوچار بهم خوردگی است. همچنان که وقتی ماهی در دریا شنا میکند آب اطراف خود را بحرکت در می آورد ستاره با ستارهٔ دنباله دار یا کهکشان هم نظام هندسی فضازمانی را که در آن سیر میکنند تغییر میدهند.

وقتی که قوانین جاذبهٔ اینشتاین در مسائل نجومی بکار بسته شود نتایجی بسیار نزدیك به نتایج حاصل از قوانین نیوتن بدست میآید. اگر نتایج همه جا یکی بودند و بموازات یکدیگر پیش میرفتند جای آن بود که دانشمندان مفاهیم نیوتن را که مانوس تر و بذهن نزدیکتر است نگاهدارند و نظریهٔ اینشتاین را محصول فکری خیالباف انگارند. اما بر مبنای نسبیت عامه عده ای پدیده های عجیب و جدید کشف گردیده و لااقل یك معمای قدیمی حل شده است. آن معما وضع غریب و غیر عادی سیارهٔ عطارد بود. بجای اینکه عطارد مانند سیارات دیگر بطور منظم بر روی مدار بیضی شکلی بدور خورشید بچرخد هر سال از مسیر خود انحرافی حاصل میکند که، هر چند جزئی است، موجب زحمت فکری بود. علمای هیئت در پی یافتن هر عاملی که ممکن بود این اختلال حرکت را موجب گردد بر آمدند ولی در حدود قوانین نیوتن راه حلی نیافتند. مسئله فقط زمانی حل شد که قوانین جاذبهٔ اینشتاین عرضه گردید. توضیح آنکه عطارد از همهٔ سیارات بخورشید نزدیکتر

است ، کوچك است و باسرعت خیلی زیاد بدور خوشید حرکت میکند. وهیچیك از این عوامل برطبق قانون نیوتن نمی توانست موجب بینظمی و انحراف حرکت شود. مطابق آن قانون قواعد حرکت عطارد عیناً بایستی مانند نظامات حرکت سیارات دیگر باشد. اما بموجب قوانین اینشتاین شدت حوزهٔ ثقل خورشید و سرعت زیاد عطارد اختلافی پیش میآورد که در نتیجهٔ آن تمام مدار بیضی شکل عطارد باحرکت بسیار آهسته‌ای بدور خورشید دوران میکند بطوریکه در هر سه ملیون سال یکدور تمام بدور آن میگردد. نتیجهٔ این محاسبه بامشاهداتی که بدقت در مدار این سیاره شده است توافق کامل دارد. یعنی وقتی که سروکار ما باسرعتهای زیاد و حوزه های جاذبهٔ قوی باشد قوانین اینشتاین ازمال نیوتن دقیقترند.



اما نتیجهٔ دیگری ازقواعد اینشتاین گرفته شد که بمراتب مهمتر از حل آن مسئلهٔ قدیمی بود ودانشمندان هیچگاه اندیشهٔ آنرا بخاطر نگذرانیده بودند و آن تأثیر جاذبه برروی نور بود.

۱۲

بنیان سلسلهٔ افکاری که به بیان تأثیر جاذبه بر نور از طرف اینشتاین منجر گردید بروضع موهوم دیگری بود . بازهم فرض چنین است که بالا روی دور از حوزهٔ جاذبه باشتاب ثابت بطرف بالا سیر میکند . در اینجا تیر اندازی که درفضای بین ستاره‌ها سیر میکند بناگاه تیری بجانب بالارو رها مینماید . گلوله ازدیوار پهلوی اطاقك وارد آن میشود وپس از عبور ازاطاق دیوارمقابل را درنقطه ای کمی پائین تراز آنجائیکه دیوار مقابل را بهنگام ورود سوراخ کرده بود سوراخ میکند وخارج میشود. دلیل پائین‌تربودن سوراخ دومی برناظری که ازخارج مراقب بالارواست هویداست ؛ او میداند که گلوله ، به تبعیت ازقانون جبرنیوتن ، درخط راست سیر میکند اما در موقعیکه عرض اطاقك را طی مینماید اطاقك مقداری بطرف بالامیرود ودر نتیجه گلوله دیوار مقابل رانزدیکتر بکف اطاقك سوراخ میکند . اما ناظران درون اطاقك ، که نمیدانند در کجای جهان هستند ، وضع را طور دیگر تعبیر مینمایند . چون میدانند که در روی زمین مسیر هر گلوله سهمی است تصور میکنند که خودشان درحوزهٔ جاذبه درحال سکونند و گلوله ای که از اطاقك آنان عبور کرده بطور معمول نسبت بکف اطاقك یك سهمی ترسیم کرده است.

یك لحظه بعد، درهمانحال که اطاقك درفضا صعود میکند، شعاع نوری ازسوراخی که دریك دیوار است بدرون اطاقك میتابد و چون سرعت آن بسیار زیاد است در کسر بسیار کوچکی از ثانیه عرض اطاقك را طی میکند و بدیوار مقابل میرسد. اما درهمان حال اطاقك اندکی بطرف بالا رفته است و درنتیجه نقطهٔ اصابت نور بدیوار مقابل بمقدار خیلی مختصر، مساوی یك کسر خیلی کوچك سانتیمتر، پائین تر از نقطهٔ ورود آن باطاقك است. اگر کسانی که درون بالارو هستند به وسائل اندازه گیری بسیار دقیق مجهز باشند میتوانند انحنای نور را اندازه بگیرند. ولی مسئله این است که این انحنا را بچه حمل خواهند کرد وچگونه توضیح خواهند نمود؟ ازحرکت اطاقك خود آگاه نیستند وخویش را درحوزهٔ جاذبه بحال سکون می‌پندارند. اگر بقوانین نیوتن معتقد باشند ومسیر نور را خط مستقیم بدانند انحناء شعاع نور برایشان معمائی خواهد شد اما اگر با نظریهٔ خاص نسبی آشنا باشند میدانند که هر کارمایه جرمی دارد که ازرابطهٔ M = E/c۲ بدست میآید وچون نور نوعی کارمایه است نتیجه آنکه نور جرم دارد وتحت تأثیر جاذبه واقع میشود و انحناء شعاع نور نتیجهٔ جرم آن است.

اینشتاین ازاین مطالعات نظری نتیجه گرفت که نور هم، مانندهر جسم مادی دیگر، بهنگام عبور از حوزهٔ جاذبهٔ یك جسم صاحب جرم یك خط منحنی سیر میکند.

دانشمند بزرك اظهار داشت که میتوان این نظریه را بوسیلهٔ رصد کردن نورستارگان درحوزهٔ جاذبهٔ خورشید بمرحلهٔ آزمایش درآورد. چون ستاره ها درروز دیده نمی‌شوند تنها فرصتی که برای این آزمایش میتوان یافت وقتی است که، بهنگام کسوف، خورشید و ستاره هارا

میتوان باهم در آسمان دید. اینشتاین پیشنهاد کرد که از ستاره هائی که بهنگام کسوف درمجاورت قسمت تاریك خورشید ند عکس گرفته شود و باعکسهای همان ستاره ها که درمواقع دیگر گرفته شده باشد مقایسه گردد. برطبق نظریهٔ او مسیر نور ستارگان مجاور خورشید، در موقع عبور ازحوزهٔ جاذبهٔ خورشید، بطرف داخل، یعنی بطرف خورشید خم میشود و درنتیجه تصویر آنها بنظر ناظری که درروی زمین است بطرف خارج، یعنی دورتر ازوضع معمولی خود، تغییر جاخواهدداد. دانشمند عالیمقدار درجهٔ انحرافی راکه ممکن بود روی دهد حساب کردو نتیجه گرفت که درمورد نزدیکترین ستاره ها بخورشید این انحراف درحدود قوس ۱٫۷۵ ثانیه خواهدبود. چون اینشتاین مبنای نظریهٔ عام نسبیت خودرا براین آزمایش قرارداده بود در سراسرجهان دانشمندان باکمال نگرانی انتظار نتایج کار هیئتهای علمی راکه برای گرفتن عکسهائی از کسوف ۷ خرداد ۱۲۹۸ (۲۹ مه ۱۹۱۹) رخت بنواحی استوائی کشیده بودنداشتند. وقتی که عکسهاظاهرشدومورد مطالعه قرار گرفت معلوم شد که انحراف نورستاره درحوزهٔ جاذبهٔ خورشید بطورمتوسط ۱٫۶۴ ثانیه است واین عددباآنچه که اینشتاین پیش بینی کرده بود تاحدودی که دقت وسایل کار اجازه میدادنزدیکی کامل داشت.



پیشگوئی دیگری که اینشتاین برمبنای نسبیت عامه کرده بود مربوط بزمان بود. پس ازآنکه ثابت کرد که خواص فضاتحت تأثیرحوزهٔ جاذبه قرارمیگیرند تقریباً بادلایل مشابه، ولی مبسوط تر، باین نتیجه رسید که فواصل زمانی هم بوسیلهٔ حوزهٔ جاذبه متأثر میگردند. اگر

ساعتی را بخورشید منتقل سازیم کمی کند تر از روی زمین کار خواهد کرد، ویك اتم خورشید که درحال تشعشع باشد نور را باتواتری اندکی ضعیفتر از اتمی از همان جنس که روی زمین باشد منتشر خواهد ساخت. دراین حالت اختلاف طول موج بقدری کوچك است که قابل اندازه گرفتن نیست. اما درجهان میدانهای جاذبه ای قویتر از میدان خورشید یافته میشود. یکی ازاین حوزه های نیرومند ستارهٔ شگفت آوری راکه به «ندیم شعرای یمانی» (۱) معروف است احاطه کرده است. این ستارهٔ کوچك دارای جرم مخصوصی چنان عجیب است که یك سانتیمتر مکعب آن در روی زمین بیش از ۱۶۰ کیلو گرم وزن خواهد داشت (۲). سنگینی فوق العادهٔ این ستاره، که بیش از سه برابر زمین نیست، موجب پیدایش حوزهٔ جاذبه ای گردیده است که توانائی آن دارد که حرکات ستارهٔ شعرای یمانی را، که هفتاد برابر آن است، مختل کند. بعلاوه حوزهٔ آن بقدری قوی است که میتواند تواتر تشعشع خودش را تادرجه‌ای که قابل اندازه گرفتن باشد بطی سازد ومشاهدات ومطالعات منظار الطیفی ثابت کرده اند که تواتر نوری که از شعری صادر میشود درست بهمان مقداری است که اینشتاین پیش بینی کرده بود. تغییر طول موج درطیف این ستاره که ازطرف علمای هیئت «تأثیر اینشتاین» (۳) نامیده شده است دلیل تازه ووسیلهٔ تحقیقی دیگری است برصحت نسبیت عام.

---

(۱) Companion of Sirius

(۲) نباید فراموش کرد که یك سانتیمتر مکعب از سنگین ترین فلزات زمین درحدود بیست گرم وزن دارد یعنی هشت هزار مرتبه سبکتر است ازجرم ستارهٔ شعری یمانی

(۳) The Einstein Effect

۱۳

تااینجا مفاهیم نسبیت عام همواره باحادثات ناشی ازمیدانهای جاذبهٔ انفرادی سروکار داشته است . اما جهان پراست ازتعداد بیشماری اجسام مادی ازقبیل شهابها ، ماهها، ستاره های دنباله دار ، ابریها ،ومیلیاردها میلیارد ستاره هائی که بتبعیت ازنظام خاصی بدورهم گردآمده وتشکیل مجموعه ها وابریها و کهکشانها داده اند. این پرسش بطور طبیعی پیش میآید که نظام کلی پیوستهٔ فضا زمانی که همهٔ این دستگاهها درآن حرکت میکنند چیست ؟ یابعبارت ساده‌تر شکل واندازهٔ جهان کدام است ؟ هر جوابی که بتازگی باین سؤال داده شده بطور مستقیم یاغیرمستقیم ازاصول نسبیت عام سرچشمه گرفته است .

پیش ازاینشتاین جهان مانند جزیره‌ای ازماده فرض میشد که درمیان دریای بی‌انتهای فضا موج میزند . برای اثبات این مفهوم دلایل متعدد اقامه شده است. غالب دانشمندان دراین عقیده همداستان بودند که جهان را پایانی نیست ، چواگر برای آن پایانی قائل میشدند برفور این سئوال پیش آمد که در آن سوی انتهای جهان چیست ؟ اما قانون نیوتنی بادنیای بی‌انتهائی که ماده در آن بطور یکنواخت توزیع شده باشد سازگار نبود زیراکه در آنصورت مجموع نیروی جاذبهٔ همهٔ جرمهائی که در جهان

بی‌پایان جمع شده‌اند بی نهایت بزرگ میشد و بایستی آسمان بنور تعداد نامتناهی اجسام نورانی روشن شده باشد. بعلاوه بچشم ضعیف فرزند آدم چنین میرسید که در آنسوی کهکشان تعداد روشنان فلك بکمی میگراید وستاره های تك تك، دور ازیکدیگر، مانند چراغهائی در کنارمرزهای فضای لایتناهی پراکنده‌اند. اماوجود جزیرهٔ جهانی اشکالاتی هم داشت: مقدار ماده‌ای که در جهان وجود داشت درمقابل عظمت آن چنان ناچیز بود که بناچارقوانینی که‌حاکم برحرکت کهکشانها بود آنهارامانندقطرات آبی که درابراست پراکنده میساخت وجهان بکلی تهی‌میشد.

تصور این‌انحلال ونابودی بهیچ روی بنظراینشتاین مقنع وقابل‌قبول نبود. بنظروی اشکال اساسی دراین بود که آدمی بطور طبیعی و بی آنکه دلیلی پیدا کند نظام عالم‌را مطابق آنچه که برروی زمین‌خاکی تحت تأثیرحواس وی واقع میگردید فرض میکرد. مثلا مابراستی خیال میکنیم که دوشعاع متوازی‌نوردرفضاسیرمیکنند بی آنکه هرگز یکدیگر را تلاقی نمایند، بدلیل آنکه در صفحهٔ نامحدود هندسهٔ اقلیدسی دوخط متوازی هیچگاه بیکدیگر نمیرسند. همچنین ماتصورمیکنیم که‌درفضای خارجی‌هم، مانندزمین‌بازی، اقصرفاصلهٔ بین دونقطه خطی است مستقیم، حال آنکه‌اقلیدس هیچگاه عملا ثابت‌نکرده است که‌خط راست اقصرفاصله است واقصرفاصله بودن بین‌دونقطه راتعریف‌خط راست قرارداده‌است.

پس‌اینشتاین ازخود پرسید که آیا ممکن نیست کـه انسان در ادراکاتی که‌نتیجهٔ سنجیدن جهان باقواعد هندسی اقلیدسی است‌دوچار اشتباه شده باشد؟ زمانی‌بود که انسان زمین را مسطح میدانست، اما امروز میداند که زمین کروی است و برروی سطح این کره کوتاهترین

راه بین دو نقطه، مثلا لندن و نیویورك، خط مستقیمی نیست که ازوسط اقیانوس اطلس کشیده شده باشد بلکه قوسی ازدایره عظیمه ایست که در جانب شمال از « نواسکچیا »[۱] و « نیوفا وندلند »[۲] و ایسلند[۳] میگذرد. پس تا آنجاکه سخن از بسیط زمین است احکام هندسی اقلیدسی



جاری نیست. مثلث عظیمی که بین استوا ودوقوس دایرهٔ بزرك که برقطب بگذرند تشکیل شود دراین قضیهٔ هندسه که مجموع زوایای مثلث دو قائمه است صدق نمیکند و نگاهی که بشکل بیفکنیم برای اثبات این مطلب که مجموع زوایای آن از ۱۸۰ درجه بیشتر است کافی است. واگر کسی برروی زمین دایرهٔ بزرگی ترسیم کند خواهد دید که نسبت محیط آن بقطرش از عدد معروف π (پی) کوچکتر است. این انحراف از اصول اقلیدسی نتیجهٔ انحناء زمین است. هرچند امروز درمنحنی بودن

---

(۱) Nova Scotia
(۲) Newfoundland
(۳) Iceland

زمین تردیدی نیست انسان برای پی بردن بآن محتاج نبوده است اززمین خارج شود و بآن نظاره کند، بلکه اثبات انحناء کرهٔ خاکی بنحو منجز بااستفاده ازحقایق مشهود وتعبیر ریاضی آنها میسر است . بهمین ترتیب اینشتاین با استفاده از حقایق نجومی و استنتاج از آنها نتیجه گرفت که جهان ، برخلاف تصور اکثر دانشمندان، نه بی پایان است و نه اقلیدسی ، بلکه چیزی است که قبل از این بتصور درنیامده بوده است .



گفتیم که احکام هندسهٔ اقلیدسی در حوزهٔ جاذبه جاری نیست . شعاعهای نور بهنگام عبور ازیك حوزهٔ جاذبه بخط مستقیم سیر نمیکنند زیرا که نظام حوزه ایجاب میکند که در آن خط مستقیم نباشد ؛ کوتاهترین راهی که شعاع نور دردرون حوزه می پیماید قوسی ازدایرهٔ بزرگی است که تابع ساختمان هندسی حوزه است . ازاینکه ساختمان حوزهٔ جاذبهٔ هرجسم بستگی بجرم وسرعت آن دارد نتیجه میتوان گرفت که ساختمان هندسی جهان بررویهم بایدعبارت ازمجموع محتویات مادی آن باشد ، زیرا که هرتمرکز ماده ای درجهان مطابقت دارد باانحرافی در پیوستهٔ فضازمان. هرجسم آسمانی وهر کهکشان، مانند گردبادهائی که دراطراف جزایر میوزند ، موجب یك بی نظمی درفضا زمان میگردد . هرچه ماده متمرکزتر باشد انحناء فضازمان ، که نتیجهٔ تمرکز ماده است ، بیشتر میشود . ونتیجهٔ کلی انحنائیست که برهمهٔ پیوستهٔ فضازمان احاطه دارد وانحراف کلی که ازجرمهای بیشمار مادهٔ پراکنده درجهان نتیجه میشود پیوستهٔ فضا زمان را مجبور میسازد که بشکل یك سطح منحنی محدود بسیار عظیم درآید .

پس جهان اینشتاین غیراقلیدسی ومحدود است وهمچنانکه اگر کرمی که درخاك میلولد همواره بخط مستقیم پیش‌رود زمین درنظرش مستوی وبی‌پایان جلوه میکند درنظر محدود انسان خاکی هم ممکن است شعاع نور الی‌غیرالنهایه درخط مستقیم سیر نماید. اما تبعیت زمین ازهندسهٔ اقلیدسی درنظر انسان، ومستوی‌بودن زمین درنظر کرم، هردو ناشی ازمحدود بودن حواس آنهاست. در جهان اینشتاین خط مستقیم وجود ندارد وهمه جاصحبت ازدایرهٔ عظیمه است. فضا، هرچندبی‌پایان نیست، حدی ندارد وشاید مرد ریاضی‌دان خصیصهٔ هندسی آنرا همانند سطح کره‌ای داند که باچهاربعدتوصیف شده‌باشد. برای اینکه باعبارت تحققی تری مطلب را بیان کنیم عین گفتهٔ، فیزیك دان فقید انگلیسی، سرجمس‌جنس (۱) را نقل میکنیم:

« شاید بهترین وجه برای‌اینکه جهانی‌راکه‌تئوری نسبیت درنظر ماظاهر میسازد، با وسایل ساده ومانوس، توصیف کنیم ومجسم سازیم این باشد که آنرابحباب صابونی تشبیه نمائیم که درسطح خود پرازچین وشکن باشد. جهان داخل حباب صابون‌نیست بلکه سطح آن است‌ولی باید همواره بخاطر داشته‌باشیم که سطح حباب صابون دوبعدی است در صورتیکه حباب جهان چهاربعد دارد، سه‌بعدفضا ویك‌بعدزمان. وماده ای که این حباب ازآن بوجودآمده است، یعنی صابون، دراینجافضای خالی است که‌بازمان خالی جوش خورده و عجین شده‌است».

همچنانکه بیشتر مفاهیم علم جدید، مثلا فوتون والکترون، را نمی‌توان مجسم ساخت‌تجسم جهان محدود کروی اینشتاین‌ممکن‌نیست.

(۱) Sin James Jeans

اما خواص آنرا میتوان ، مانند خواص فوتون والکترون، بکمك ریاضیات توصیف وتشریح کرد . هرگاه مقادیری راکـه بوسیلهٔ علم نجوم جدید میتوان یافت درفرمولهای حوزه‌ای اینشتاین بکار بریم ممکن است اندازهٔ جهانرا حساب کنیم . برای تعیین شعاع آن نخست باید انحناء آنرا اندازه گرفت . از آنجائیکه اینشتاین نشان داده است که انحناء فضا بستگی بمحتویات مـادی آن دارد حل مسئلهٔ تعیین انحناء جهـان منوط بآن است کـه جرم مخصوص متوسط ماده را در جهـان بدست آوریم .

خوشبختانه این عدد قابل محاسبه است ، زیرا که ستاره شناس نامی ادوین هوبل (۱) ،که دررصد خانه مونت ویلسن (۲) بکارمشغول است ، سالها بانهایت دقت قسمتهای محدودی از فضای سماوی را تحت مطالعه ومراقبت قرارداده وبازحمت زیاد مقدار متوسط ماده‌ایراکه در آنهاست حساب کرده‌است. نتیجه‌ای که بدست آورد این بود که درسراسر جهان درهر سانتیمتر مکعب فضا

$$۰٫۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۱ = \frac{۱}{۱۰^{۳۰}}$$ گرم

ماده وجوددارد . چون این عدد را درمعادلات حوزه‌ای اینشتاین قـرار دهیم مقدارانحناءجهان بدست میآید که‌اگر ازروی آن شعاع جهانرا حساب کنیم عدد ۳۵ میلیارد سال نوری یا

$$۳۳۶،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ = ۳۳۶ \times ۱۰^{۲۱}$$

کیلومتر حاصل میگردد . پس جهـان اینشتاین بااینکه بی‌پایان نیست

(۱) Edwin Hubble

(۲) Mount Wilson Observatory

آنقدر بزرك است که بتواند میلیاردها کهکشان را در بر گیرد که هریك بنوبهٔ خود شامل صدها ملیون کواکب فروزان ومقادیر بیرون ازشماری گازهای رقیق ودستگاههای سرد آهن وسنك وغبار فلکی است. شعاع نوری که باسرعت ۳۰۰۰۰۰ کیلو متر درثانیه طی مسافت کند دایره عظیمه‌ای دراین جهان سیر می نماید ودرمدتی اندکی کمتراز ۲۰۰ میلیارد سال زمینی بنقطهٔ عزیمت خود بازمیرسد.

۱۴

زمانی که اینشتاین دستگاه جهان شناسی خویش را عرضه کرد خود از یك پدیدهٔ نجومی، که چندسال بعد تعبیر گردید، بی خبر بود. وی فرض میکرد که حرکت ستارگان و کهکشانها، مانند جابجاشدن ملکولهای یك گاز، برهرزه و بیهوده است وقاعده و ترتیبی ندارد وچون، درحرکت آنها وحدتی نمیدید بکلی آنرا نادیده انگاشت وجهانرا درحال سکون وتعادل پنداشت. اما علمای هیئت کم کم متوجه میگردیدند که درکهکشان ـ های بسیار دور، که در آخرین حدود دوربین های نجومی آنان دیده میشدند، حرکات منظمی دیده میشود. این کهکشانهای دور دست، یا «جزایر جهانی»، بظاهر ازدستگاه شمسی وازیکدیگر دور میشوند. فرار مرتب این کهکشانها، که نزدیکترین آنها در فاصلهٔ پانصد سال نوری ازما قراردارد، بکلی باحرکت آرام دستگاههای جاذبه‌ای نزدیك تفاوت دارد. این حرکات منظم ممکن است در انحناء جهان تأثیر داشته باشند.

پس جهان درحال سکون وتعادل نیست و، مانند حباب صابون یا بادکنکی که بزرك میشود، درکارتوسعه است. شباهتی که بآن اشاره گردید کامل نیست زیراکه اگر فی المثل جهانرا بباد کنکی که دارای

خالهائی باشد (این خالها نمایندهٔ ماده‌ای هستند که درجهان پراکنده‌است) البته انتظار داریم که وقتی بادکنك بزرك شود خالها هم بزرگترشوند. اما چنین چیزی نمی‌شود، زیرا که دراین صورت بزرك شدن جهان معلوم ومحسوس نخواهدشد. لابدشنیده‌ایدومیدانید که‌اگر کسی درمحیطی باشد وتمام آن محیط یکسان ویکنواخت منبسط یا منقبض گردد او بهیچوجه متوجه‌آن نخواهد شد. پس، همچنانکه رابرتسن [1] دانشمند جهان‌شناس مؤسسهٔ فنی کالیفرنیا [2]، گفته است اگرجهان را بادکنك خالداری انگاریم، خالهارا باید وصله های غیرقابل اتساعی فرض کنیم که برروی آن تعبیه شده باشندوهمانطور که اگرچنین بادکنکی اتساع یابد وبزرك شود وصله هاتغییر نخواهند کرد جهان توسعه پیدا می کند امـا اجسام مادی که درآن هستند تغییرنمی کنند وبزرك نمی‌شوند.

این پدیدهٔ عجیب جهانشناسی‌رابغایت بغرنج ودشوار ساخته‌است. اگر تجزیه های منظار الطیفی که مبین دور شدن کهکشانها هستند، همچنانکه بسیاری ازعلمای هیئت می‌پندارند، صحیح باشند سرعت‌دور شدن آنها تقریباً باور کردنی نخواهدبود. ظاهراً این‌سرعت بامسافت زیاد میشود. کهکشانهای‌نزدیکتر، که درفاصلهٔ یك ملیون سال نوری‌هستند، باسرعت‌مختصر ثانیه‌ای ۱۵۰ کیلومتر، وآنهائیکه در فاصله ۲۵۰ ملیون سال نوری قراردادند باسرعت سرسام‌آور ثانیه‌ای چهل هزار کیلومتر، یعنی تقریباً یك هفتم سرعت نـور، دور میگـردند. از آنجائیکه این کهکشانها پیوسته ازیکدیگر، وازما، دورمیشوندمیتوان فرض کرد که

H . P . Robertson (۱)

California Institute of Technozogy (۲)

زمانی ، درعمر جهان، آنان دوریکدیگر جمع بوده وتودهٔ واحدسوزانی تشکیل میداده اند . واگر شکل هندسی فضا تابع مادهٔ محتوی در آن باشد درچنین زمانی ، یعنی جهـان پیش از تشکیل کهکشانها ، بایستی بصورت ظرفی باشد دارای انحناء بسیار که در آن ماده بوضعی بسیار فشرده قرار گرفته و دارای وزن مخصوصی غیر قابل تصور بوده باشد . محاسباتی که ازمطالعهٔ سرعت فرار کهکشانها نتیجه شده است نشان میدهد که گریز آنها ازمرکز آنجهان متراکم ومنقبض بایستی که دردو میلیارد سال پیش آغاز شده باشد .



جهان شناسان ودانشمندان هیئت برای توضیح مسئله اتساع جهان فرضیات گوناگون کرده اند . یکی ازاین فرضیه ها مربوط به لومتر (۱) ، کشیش وجهان شناس بلژیکی است که جهانرا منبعث ازیك اتم شگفت انگیز تنها میداند که در آغاز وجود داشته وبعداً منفجر و منبسط گـردیده و جهانی راکه هنوزدرکار انبساط است بوجود آورده است . فرضیهٔ مشابه دیگری مربوط بدکتر جرج گمو (۲) استاد دانشگاه جرج واشنگتن (۳) است که بتفصیل بیان میکند که چگونه عناصر تشکیل دهندهٔ جهان بایستی قبل ازشروع بانبساط درداخل هستهٔ مرکزی آن ، که درحال سوزو گداز بوده است، بوجود آمده باشند. دکتر گمو معتقداست که در آغاز کار هستهٔ مرکزی جهان جهنمی بوده از بخارهای یکنواخت وسوزان ودرجه حرارتش باندازه ای زیاد بوده که پس از آن ، حتی درمرکزثوابت ، نظیر آن وجود

Abbé Lemaître (۱)
Dr . Geoge Gamow (۱)
George Washington University (۳)

نداشته و ندارد (. باید دانست که حرارت خورشید ، که ستارهٔ ثابت متوسطی است ، در سطح آن درحدود ۵۵۰۰ درجه و در مرکز آن نزدیك به ۴۰۰۰۰۰۰ درجه است). درچنین حرارتی نه ملکول بود و نه اتم ، هیچ چیز نبود جز نوترون های آزاد ، آنهم در وضعی درهم و بسیار آشفته. هنگامیکه جرم جهانی شروع بانبساط کرد درجهٔ حرارت رو بتنزل گذاشت و وقتی که بحدود یك میلیارد درجه رسید نوترونها متکاثف شدند و بصورت توده هائی در آمدند و الکترونهائی پدید آمدند که به هستهٔ مرکزی پیوستند و اتمهارا بوجود آوردند . باین ترتیب همهٔ عناصر جهان درلحظات بحرانی کوتاهی ، درسپیده دم خلقت جهان ، بوجود آمدند و نقشی که باید در دو میلیارد سالی که جهان همچنان بتوسعه ادامه داده است ایفا کنند معین گردید .

تئوری دیگری که بر نظریه‌های قبلی از نظر تاریخ مقدم است و چند سال قبل بوسیله دکتر تولمن (۱) ، عضو مؤسسهٔ فنی کالیفرنیا (۲) ، اظهار شده است مبتنی براین فرض است که انبساط جهان امری است موقتی و ممکن است زمانی ، درعمر جهان ، تبدیل بانقباض شود . برطبق این نظریه جهان بمشابهٔ بادکنکی است که ، مانند ضربان نبض ، متوالیاً حالت انبساط و انقباض پیدا میکند و تادنیا دنیاست چنین بوده است و خواهد بود. این دوره - های انبساط و انقباض بستگی به تغییرات مقدار مادهٔ موجود درجهان دارد، زیرا که، همانطور که اینشتاین ثابت کرده است، انحناء عالم تابع محتویات آن است . اشکال این نظریه اینست که مبنای آن براین فرض است که

Dr . R . C . Tolman (۱)

California Instituteof Teehnology (۲)

ماده درجائی، درهمین جهان، تشکیل شده است. هرچند مسلم است که مقدار ماده درجهان درتغییراست اما تغییر آن فقط دریکجهت است، یعنی در جهت زوال. تمام پدیده های طبیعت، اعم ازمرئی یانامرئی واعم ازداخل اتم یا درفضای خارج، دلیل براین امرند که ماده و کارمایهٔ جهان، بطورقطع ومسلم، مانند بخاردراین فضای تهی که هیچگاه سیر وپر نخواهدشد پراکنده میگردند. خورشید بکندی، اما بیقین میسوزد، وهراختر بصورت اخگری که درشرف خاموشی است در میآید، وگرمی همه جا بسردی میگراید، وماده بصورت تشعشع از میان میرود، وکار مایه در فضای لایتناهی پراکنده میشود.

باین ترتیب جهان بسوی مرگ نهائی، یا بعبارت علمی تر بطرف وضعی که «حد اعلای انتروپی» (۱) نام دارد پیش میرود. وقتی که، چند میلیارد سال دیگر، جهان بچنین وضعی برسد، همهٔ عوارض طبیعی از میان خواهند رفت، همهٔ فضا دارای یك درجه حرارت خواهد بود؛ کارمایه ـ ای نخواهد بود که کاری از آن خواسته یاساخته، شود زیرا که آنچه کارمایه بوده بطورمنظم درفضا پراکنده شده است؛ نه نورخواهد بود نه زندگی و نه گرمی. آنچه خواهد بود رکود دائمی وغیرقابل تغییر است. زمان خود نیز بپایان خواهد رسید زیراکه انتروپی جهت زمان را نشان میدهد؛ انتروپی مقیاس ومعیار بی هدفی وسرگردانی است. وقتی که هردستگاه وهر نظمی ازجهان رخت بربندد، وقتی که بی هدفی وسرگردانی بحداعلی رسد وبرای انتروپی امکان افزایش نماند، وقتی که دیگر از تسلسل علت و

---

(۱) Maximum Entropy ، انتروپی یك عامل ریاضی است که در حقیقت در دستگاه ترمودینامیك مقیاس کارمایه است که حصول به آن امکان ندارد

معلول اثری وجود نداشته باشد، خلاصه وقتی که دنیا بآخر رسد جهتی برای زمان باقی نخواهد ماند، یعنی زمانی نخواهد بود. برای احتراز ازاین سرنوشت راهی ووسیله ای نیست، زیراکه اصلی که بقانون دوم ترمودینامیك معروفاست وامروزه تنها ستونی ازفیزیك کلاسیك است که سیرعلم در آن تغییری نداده است، اعلام میدارد که روشهای اصولی طبیعت قابل برگشت نیست وطبیعت فقط دریك جهت سیرمیکند.

اما معدودی ازعلمای نظری معاصر معتقدند که ممکن است، علی‌رغم علم واطلاع محدود بشری، دنیا بوضعی تجدیدشود. اصل «هم ارزی جرم و کارمایه» که ازطرف اینشتاین وضع گردیده است امکان این فرض را بوجود میآورد که تشعشعی که درفضا پراکنده میشود بار دیگر بصورت ذرات ماده ـ یعنی الکترون واتم و ملکول ـ متکاثف ومتراکم گرددو واحدهای بزرگتری تشکیل دهد که بنوبهٔ خود، تحت تأثیر جاذبهٔ خویش بصورت ابریها وستاره ها وکهکشانها درآیند. وباین ترتیب دورتسلسل حیات در جهان الی‌الابد ادامه یابد. در حقیقت تجربیاتی که در آزمایشگاهها شده ثابت کرده است که ممکن است فوتونهای تشعشعات کارمایه های برتر (۱)، مانند شعاعهای گاما، درتحت شرایط معینی بریکدیگر تأثیر کنند و جفتهای الکترون و پزیترون (۲) بوجود آورند. بعلاوه ستاره شناسان بتازگی کشف کرده‌اند که اتمهای عناصر سبکتری که در فضا درحرکتند، مانندئیدرژن، هلیوم، اکسیژن، ازت و کربن، ممکن است بآرامی مجتمع شوند وبصورت ملکولها یاذرات ذره بینی غبار یا

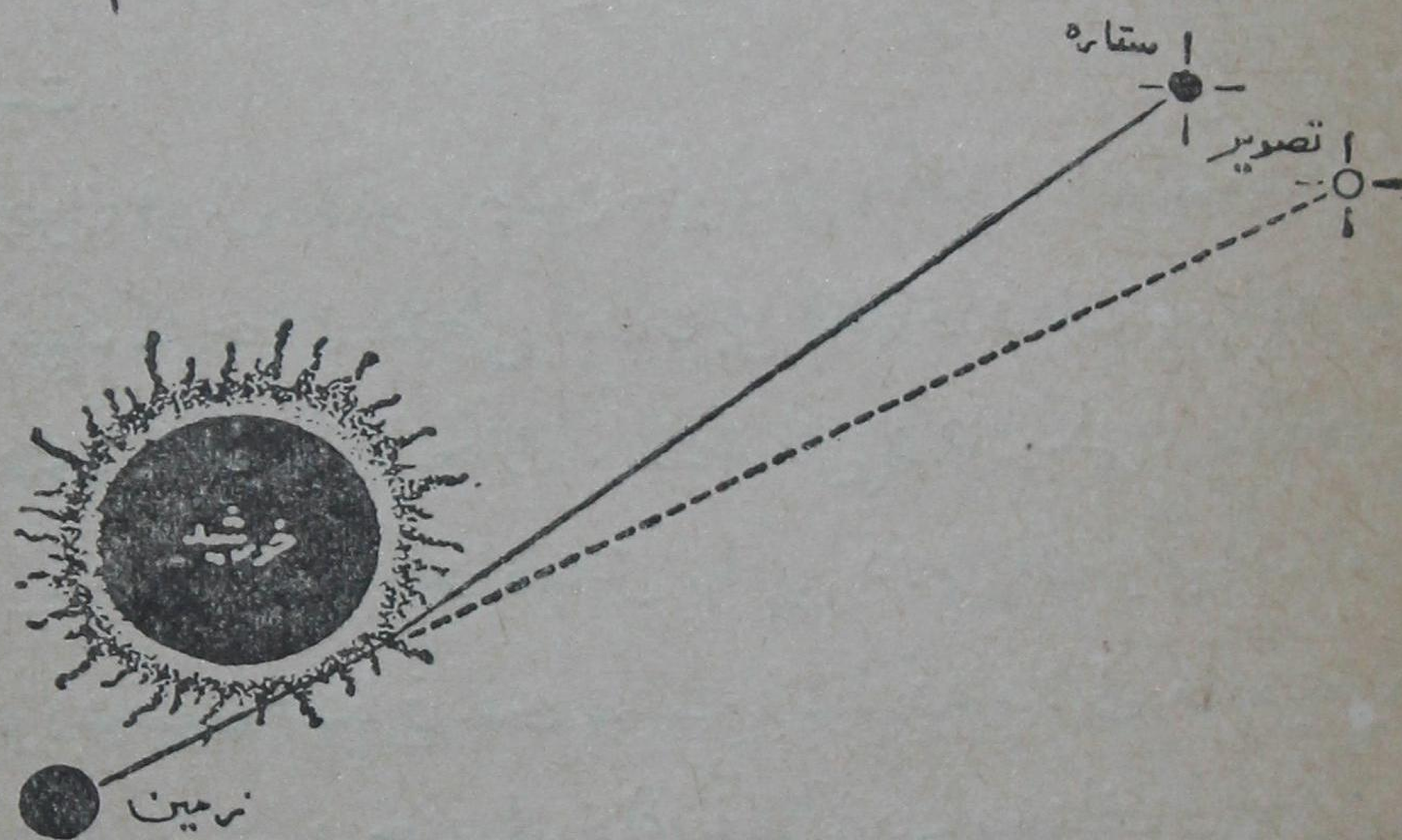
(۱) High - energy

(۲) Positron ذره‌ای که جرم و مقدار مایه الکتریکی آن مساوی الکترون‌است اما بارآن مثبت‌است.



کهکشان ما ، که بشکل کمر بندی گوهر نشان در آسمان بی‌پایان دیده میشود ، اقیانوس بیکرانی است که صدها ملیون خورشید ومجموعه و منظومهٔ ستارگان وابریها دربر دارد . منظومهٔ شمسی ما خود در داخل این کهکشان به سیر بی انتهای خویش‌ادامه میدهد . خورشید رخشان ما نه تنها مرکز جهان ، بلکه مرکز کهکشان ماهم ، نیست و از هستهٔ مرکزی کهکشان درحدود سی هزارسال نوری فاصله دارد . قسمتهای تاریکی که مانند شکاف وپارگی در گنبد آسمان تجلی میکنند درحقیقت ابرهای غباری هستند که در صفحات ۱۲۰ و۱۲۱ درباره آنها صحبت شده است.

گاز در آیند. باز هم تازه‌تر از این، دکتر فرد ویپل [۱]، استاد دانشگاه هاروارد، در فرضیهٔ «ابر غبار [۲]» که بسال ۱۹۴۸ اشاعه یافت، بیان کرده است که چگونه غبار دقیق کیهانی که در فضای بین ستاره ها در حال تعلیق است، و جرمش مساوی است با جرم تمام اجسامی که دیده میشوند، ممکن است در طی یك میلیارد سال متکاثف شود و بصورت ستاره‌هائی در آید. بنابر عقیدهٔ ویپل این ذرات بسیار ریز غبار، که قطرشان از یك صد و بیست و پنجهزارم ($\frac{۱}{۱۲۵۰۰۰}$) سانتیمتر تجاوز نمیکند، فقط بر اثر فشار نور ظریف ستارگان بسوی یکدیگر رانده و نزدیك میشوند، همانقسم که دم بسیار



دقیق ستارهٔ دنباله دار فقط در نتیجهٔ تماس فوتونهای نور خورشید منحرف میگردد و از خورشید دور میشود. چون ذرات بگرد یکدیگر در آیند نخست مجموعه‌ای، سپس ابرچه‌ای و سرانجام ابری تشکیل میگردد. وقتیکه ابر بسیار بزرك شد، یعنی وقتی که قطرش از هزار میلیارد کیلومتر تجاوز کرد، جرم و وزن مخصوص آن برای بمنصهٔ ظهور رسانیدن یك سلسله

Dr Fred L. Whipple (۱)

Dust Cloud Hypothesis (۲)

تغییرات فیزیکی دیگر کافی خواهند بود . نیروی ثقل ابر را بناچار متراکم خواهد ساخت و تراکم آن موجب بالا رفتن فشار و درجهٔ حرارت داخلی آن خواهد شد. شاید این ابر در آخرین مرحلهٔ تراکم و انقباض خود، که از شدت گرم شدن سفید میشود ، مانند ستاره‌ای درخشیدن گیرد . ممکن است فرض شود که منظومهٔ شمسی ما در تحت شرایط خاص بهمین ترتیب بوجود آمده است . خورشید ما ستارهٔ مورد بحث است و سیارات مختلف اجرام سردی هستند که در اطراف آن تشکیل گردیده اند و هریك ازیك ابرچه فرعی که در داخل ابر اصلی حرکت مارپیچی داشته است بوجود آمده است .

چون فرض وقوع چنین حوادثی محتمل است ممکن است باین مفهوم رسید که جهان درطی ادوار بی انتهای زمان پیوسته تجدید شود ودوره های تشکیل و انحلال ، روشنائی و تاریکی ، نظم وبی نظمی ، گرمی وسردی وانبساط وانقباض را پی درپی ازسر گیرد. اما این فرض هنوز مورد قبول عدهٔ زیادی نیست زیرا که دلایل مقنعی بر صحت آن اقامه نمیتوان کرد. هرچند ابرهای غبار بابعاد مختلف و وزن مخصوصهای گوناگون درفضای بین ستارگان مشهود هستند باعلم ناقص بشری بضرس قاطع نمیتوان حکم کرد که در آینده ستاره هائی از آنها زاده خواهد شد، همچنان که وقتی قطعه ابری در آسمان لاجوردی زمین ما ظاهر میگردد نمیتوان پیش بینی کرد که فردا طوفانی سهمگین از آن نتیجه خواهد شد یاباد آنرا پراکنده ونابود خواهد ساخت . اما گذشته ازحد سهائی که دربارهٔ مبدأ منظومه شمسی ، یاستاره های دیگر ، یاهرچیز که جزئی از طبیعتی است که در دامانش زندگی میکنیم میتوان زد دربارهٔ این فرض که جهان

ممکن است از نو ساخته شود اشکالات هم نظری و هم تجربی وجود دارد. در طبیعت بیروح هیچ چیز را نمی توان بطور تحقیق جزء یك دستگاه آفریننده دانست. مثلا زمانی فکر می شد که اشعهٔ مرموز کیهانی، که پیوسته از خارج زمین ما را بمباران میکنند، محصول دستگاهی باشند که اتم بوجود میآورد. اما دلایل متقن تری در دست است برای اینکه آنها را محصول دستگاههائی بدانیم که اتم را ازمیان میبرند. درحقیقت همه چیز، یعنی هر چیز که در طبیعت قابل رویت یا در فرضیهٔ علمی قابل تصور است، موید این فکر است که جهان بی تردید بسوی پایان خود، که تاریکی و زوال است، سیر میکند.

در اینجا یك نتیجهٔ فلسفی مهم میتوان گرفت: اگر جهان به نیستی گراید و طبیعت فقط در یك جهت سیر کند بی شك باید قبول کرد که هر چیز آغازی دارد و بناچار زمانی از جائی تبدلات جهانی آغاز گردیده و آتش کواکب افروخته شده و این جهان پر طمطراق قدم بعرصهٔ وجود گذاشته است. از این گذشته، بیشتر امارات و علائمی که در داخل یا خارج مرزهای علم و فهم واستعداد ما کشف گردیده اند بر تاریخ معینی برای آفرینش دلالت میکنند. سرعت تغییر ناپذیری که با آن اورانیوم کارمایهٔ اتمی صادر میکند وفقد هر گونه آثاری برای تعیین نحوهٔ بوجود آمدن آن دلیلی است براینکه این فلز در زمان معینی بوجود آمده است و علمای ژئوفیزیك (۱) آن زمان را بدو میلیارد سال پیش تخمین زده اند. سرعتی که با آن تغییرات حرارتی و اتمی درون ستارگان موجب تبدیل ماده

(۱) ژئوفیزیك یا « فیزیك زمین » علمی است که در آن از عواملی بحث میشود که موجب تغییراتی در زمین میگردند.

به تشعشع میشود بعلمای هیئت فرصت داده است که بادقت کافی طول عمر کواکب رامعین کنند وعمر متوسط اغلب ستاره هائی که امروز درآسمان دیده میشوند دومیلیارد سال تخمین گردیده است. پس نتیجهٔ محاسبات ومطالعات علمای ژئوفیزیك و آستروفیزیك [1] بوضع جالبی بانتیجهٔ حسابهای جهان‌شناسان، که باتوجه بسرعت ظاهری دور شدن کهکشانها عمر جهان رادومیلیارد سال‌دانسته‌اند، وفق میدهد. دربرخی قسمتهای دیگر علوم هم نشانه های دیگری است که درمحاسبه بهمین نتیجه میرسد. پس همهٔ قرائن واماراتی که برزوال آیندهٔ جهان است دلالت دارد براینکه هم جهان را آغازی بوده است که تاریخ آن معین است.

حتی اگر باین فکر دلبسته وسر سپرده باشیم که جهان متوالیاً از هستی به‌نیستی میگراید وباز ازنیستی بهستی می آید وخورشید وزمین وبرخی دیگرستارگان نسبت بدیگران تازه بوجود آمده‌اند بازموضوع اصل وآغازجهان همچنان قابل توجه ودقت خواهد بود، نهایت آنکه تاریخ خلقت رابسیار دورخواهد برد. باآنکه علمای نظری دربارهٔ تشکیل کهکشانها، ستاره ها، غبار ستاره ها، اتم وحتی عوامل ترکیب کنندهٔ اتم محاسبات بسیار دقیق کرده اند مبنای همهٔ فرضها براین است که در آغاز چیزی وجود داشته‌است، خواه نوترونهای آزاد، یاکار مایهٔ کوانتا، یاچیزی که فهم و درك آن برای‌ما میسر نیست اما مایهٔ جهان‌وجوهر آفرینش بوده واینهمه‌چیزهای رنگارنك‌ومتنوع ازآن‌حاصل گردیده ونتیجه‌شده است.

۱۵

بیشتر جهانشناسان در بارهٔ مبدأ آفرینش خاموشی میگزینند و این مسئله را برای فلاسفه والهیون میگذارند. اما ازمیان دانشمندان جدید فقط کسانیکه صرفاً از اصحاب تجربه اند (۱) براز نهانی که پی و اساس حقیقت فیزیکی است پشت میکنند. اینشتاین، که فلسفهٔ علمیش گاهی بعنوان مادی بودن بیاد انتقاد گرفته شده، زمانی چنین گفته است:

«زیباترین وعمیقترین احساسی که ممکن است بما دست دهدحس عرفانی است. اواست که تخم همهٔ علوم واقعی را در دلهامی افشاند. کسی که ازاین حس بی خبراست، کسی که دیگر نمیتواند دستخوش حیرت شود یا بحالت بهت زدگی در آید، گوئی مرده است. باید دانست که چیزی وجود دارد که ممکن نیست مابه کنه آن پی بریم، و بصورت بالاترین کمالها وخیره کننده ترین جمالها تجلی میکند، حال آنکه استعداد ها و حواس محدود ما جز بدرك مقدماتی ترین وساده ترین صور این کمال و جمال قادر نیستند. این دانش واین حس را باید در ایمان واقعی جستجو کرد.»

(۱) empirlst

و در جای دیگر چنین اظهار داشته است: « مطالعاتی که از جنبهٔ مذهبی برای درك حقایق جهان شده است نیرومندترین و شریفترین شاه فنر تحقیق و تتبع علمی است». غالب دانشمندان وقتی که از اسرار جهان و نیروهای شگرف و مبدأ و منشأ و نظم و ترتیب و هم آهنگی آن سخن میگویند سعی میکنند که از گفتن کلمهٔ «خدا» اجتناب کنند. اما اینشتاین، که معروف است که منکر خداست، چنین نیست. وی میگوید: « مذهب من تکریم جوهر اعلای بی حد و انتهائی است، که در هر جزئی ترین چیزی که ما با عقل ناچیز وضعیف خود درك میکنیم تجلی میکند. آنچه من از خدا تصور میکنم همین علم یقین بوجود یك نیروی عاقلهٔ بالاتر از « خیال و قیاس و گمان و وهم» است که در دنیای بیرون از فهم ما مشهود است. »

تا آنجا که از جنبهٔ علمی مطالعه میکنیم در حال حاضر دو روزنهٔ امید برای نزدیکی بیشتری بحقیقت فیزیکی در مد نظر است یکی تلسکوپ بزرگ تازه ایست که بزودی از رصدخانهٔ کوه پلومار[1]، در کالیفرنیا، متوجه اعماق آسمانها خواهد شد وقسمتهائی از فضای بی انتهای مکان و زمان را در « چشم رس » فرزندان آدم خواهد گذاشت که ستاره شناسان نسل گذشته تصور آنرا هم نمیتوانستند کرد. تا کنون دورترین چیزی که با تلسکوپ دیده شده است کهکشانهائی است که نور ضعیف آنها از فاصلهٔ پانصد میلیون سال نوری بما میرسد. اما عدسی پنج متر و نیمی رصدخانهٔ پلومار این فاصله را دو برابر خواهد کرد و بشر را قادر خواهد ساخت که آنچه را در این حداست رصد کند و مطالعه نماید. شاید محصول آن باز هم مشاهدهٔ اقیانوسهای یکنواخت فضا باشد که هزاران کهکشان دوردست

که نور کهنسال آنها از فاصلهٔ هزار ملیون سال نوری بزمین برسد در آن شناور باشند. شاید هم چیزهای دیگری مشهود افتد، مثلاً تغییر وزن مخصوص ماده یا یك قوس جهانی که بکمك آن بشر بتواند بادقت ابعاد جهان بیکرانی را، که یکی از بیمقدارترین موجوداتش خود اواست، اندازه بگیرد.

روزنهٔ دیگر بطرف این علم «نظریهٔ حوزهٔ یکی شده» است که اینشتاین ازیکربع قرن پیش مساعی خودرا برای تکمیل آن بکارمیبرد. امروز حدود خارجی دانش انسانی بوسیله نسبیت و حدود داخلی آن بوسیلهٔ نظریهٔ کوانتوم تعیین میگردد. نسبیت قالبی است برای همهٔ آنچه که ما ازفضا وزمان وجاذبه وحقایق دیگری، که آنقدر دور یاوسیعند که تحت مشاهدهٔ مادر نمی آیند، میفهمیم واستنباط میکنیم؛ نظریهٔ کوانتوم قالب مستدرکات ومفاهیم ماست ازاتم، واحد های اصلی ماده، وکارمایه وحقایق دیگری که گریزپاتر یاکوچکتر از آنند که مابمشاهدهٔ آنها قادر باشیم. اما بنیان این دو دستگاه بزرك علمی برروی شالوده های نظری قرار دارد که بکلی بایکدیگر متفاوت وبی ارتباطند.

بعبارت دیگر، چنان که دیدیم این دو دستگاه بیك زبان سخن نمیگویند و ادای مقصود نمی کنند. هدف «نظریهٔ حوزهٔ یکی شده» آن است که بین آنها پلی بسازدو آنهارا بهم مربوط کند. اینشتاین که به هم آهنگی ویکنواختی طبیعت ایمان دارد بنای واحدی ازقوانین فیزیکی برپاکرده است که هم پدیده های اتم و هم نمود های جهان خارجی را دربر گیرد ودر «بی نهایت کوچك» و «بی نهایت بزرك»، هردو، نافذ وصادق باشد.

هنوز خیلی زود است که بتوان پیشگوئی کرد که «نظریهٔ حوزهٔ یکی شده» چه مناظر غیر منتظره ای از طبیعت را دربرابر چشم بشر خواهد گسترد و پرده از کدام رازهای نهان آن برخواهد گرفت. اما آنچه مسلم است کوچکترین کار آن متحد ساختن قوانین جاذبه وقوانین برق ومغناطیسی وتابع ساختن آنها بیك قانون جامع جهانی خواهد بود. بهمان راهی که نسبیت نیروی جاذبه را بشکل یك خاصیت هندسی پیوستهٔ فضا زمان درآورد «نظریهٔ حوزهٔ یکی شده» هم نیروی مهم دیگر، یعنی نیروی برق ومغناطیسی، را بهمان هیئت درخواهد آورد. اینشتاین گفته بود که «این فکر که درفضا دو چیز، یکی بنام جاذبه ودیگر بنام برق ومغناطیس، وجود داشته باشد که بکلی از یکدیگر مستقل و متمایز باشند برای صاحبان نظر قابل تحمل نیست. اما باهمه کوششی که دانشمند بزرك کرد نتوانست قوانین حوزهٔ برق ومغناطیسی را مشمول نسبیت عمومی قرار دهد. اکنون، پس از سی سال تفحص بی انقطاع و کوشش مداوم، که بکمك منطق ریاضی انجام شده است، بنظر میرسد که بمنظور و هدف خود واصل شده باشد. ممکن است این پرسش پیش آید که آیا دیگر قوای جاذبه وبرق ومغناطیس، ازنظر فیزیکی، یك چیزند؟ جواب مثبتی که باین پرسش داده شود دقیقتر از آن نیست که یخ وآب وبخار را، که تجلیات مختلف یك ماده‌اند، «یك چیز» بدانیم. کار «نظریهٔ حوزه یکی شده» اثبات این مطلب است که نیروهای برق ومغناطیسی وجاذبه از یکدیگر مستقل وبایکدیگر بی ارتباط نیستند بلکه، بمعنی حقیقی فیزیکی، میتوان آنها را ازهم «جدائی ناپذیر» خواند. توضیح آنکه دراین نظریه نیروهای جاذبه وبرق ومغناطیسی بصورت واقعیت عمیقتری

که شامل هردوی آنهاست، توصیف میشوند وحوزه های جاذبه و برق-
ومغناطیسی جزء یك حوزهٔ اساسی کلی قرارمیگیرند وبصورت دومظهر
یادو وضع زودگذر وناپایدار در میآیند.

هرگاه آزمایشهای آینده اطلاق کامل « نظریهٔ حوزه یکی شده »
را مسلم سازند وقوانین فیزیك کوانتوم نیز ازمعادلات آن نتیجه گردند
بی شبهه اطلاعات ومعلومات بسیار مهم وقاطع جدیدی در بارهٔ ترکیب
ماده وساختمان ذرات اولیه وکیفیت دستگاه تشعشع و راز های نهفتهٔ
دیگر جهان وراء اتم حاصل خواهد شد. ولی این نتایج مهم در حکم
فروع خواهندبود واصل همان است که ازصفتی که درخود عنوان نظریه
مذکور است مستفاد میشود، یعنی پیروزی بزرك فلسفی « نظریهٔ حوزهٔ
یکی شده » دراین خواهد بود که مسیرطولانی علم رابسوی « یکی کردن»
آنچه که بشر ازعالم فیزیکی درك میکند سوق میدهد. درطی قرون
متمادی جریانهای مختلف کشف ونظروتحقیق واستدلال بنحو متینی بسوی
یکدیگرمیل کرده وبایکدیگردرآمیخته ودرمجاری ژرف و وسیعی جاری
شده‌اند. اولین پیشرفت اساسی محدود کردن مواد متنوع و گوناگون
بیشمار عرصهٔ پهناور جهان به ۹۲ عنصر طبیعی بود. آنگاه این عناصرهم
بذرات اساسی معدود محدود شدند. بموازات این امر، هریك ازنیروهای
مختلف جهان یکی از تجلیات نیروی برق و مغناطیسی شناخته شد و
انواع مختلف تشعشعاتی که درجهان وجود دارند، ازقبیل نور، گرمی،
شعاعهای مجهول، موجهای رادیوئی واشعهٔ گاما، همه امواج برق ومغناطیسی
دانسته شدند که بوسیلهٔ اختلاف طول موج وتواتر ازیکدیگر متمایز
میشوند. خلاصهٔ مطلب وجان کلام آنکه صفات مشخصه و ممیزهٔ این

جهان بیکران متکاثف و متراکم شدند و بمقادیر اصلی فضا و زمان و ماده و کارمایه وجاذبه محدود ومقصور گردیدند . اما اینشتاین درنسبیت خاص خود یکی بودن ماده و کارمایه ودرنسبیت‌عام‌جدا نشدنی وانقسام ناپذیربودن کمیت پیوسته‌فضا زمان را ثابت کرد ونظریهٔ‌حوزهٔ یکی‌شده این‌وحدت عوارض طبیعی‌را بسرحدکمال‌خواهد رسانید . درمنظرشگفت دیگری که این نظریه در برابـر چشم میگسترد سراسر جهان میدان واحدی‌است که در آن‌هر ستاره وهراتم، هرستارهٔ دنباله دارسر گردان، هر کهکشان که باحرکتی آرام درفضای بیکران درحرکت است و هر- الکترون که باسرعتی سرسام آورحرکت‌میکند ، همه‌صورتی و نمودی‌از واحداصلی‌فضا زمان هستند. یك سادگی‌بسیارعمیق‌جانشین این‌پیچیدگی گیج کنندهٔ طبیعت میشود.امتیاز واختلاف‌بین نیروی جاذبه و نیروی‌برق- و مغناطیسی ، بین ماده و کارمایه، بین بار الکتریکی وحوزه وبین فضا وزمان همه ازمیان‌خواهدرفت وجای خودرا برروابطبین‌آنها بایکدیگر خواهد داد وهمه بشکل صورتبندیهای مختلف این پیوستهٔ چهاربعدی، که‌جهانش‌میخوانیم،درخواهند آمد .همهٔ آنچه‌بشر‌ازجهان‌میفهمد، وهمهٔ تصورات مجرد اوازحقیقت، بفرجام‌یکی خواهند شد و وحدت ریشه‌دار و عمیق جهان مسلم خواهد گردید .

« نظریهٔ حوزهٔ یکی شده » باهدف بزرك علم سروکار دارد که، همچنانکه اینشتاین خود گفته است عبارت‌است ازاینکه « هرچه ممکن باشد تعداد بیشتری واقعیات تجربی را بکمك منطق از تعداد کمتری اصول‌متعارفی ومفروضات استنتاج کند » ضرورت مستحکم کردن مبانی ویکی کردن مفاهیم ورسوخ در متنوعات و اختصاصات جهان ظاهری و

علم بوحدت مسلمی که در زیر این ظاهر نهفته است فقط محرك اصلی علم نیست بلکه عالیترین و شریفترین علاقهٔ فکر بشراست. فلاسفه و وعرفا هم، مانندعلماء، همواره بوسایل وطرق مختلف توجه بباطن ودرون - بینی کوشیده‌اند که بحقیقت جوهری که برجهان ریاضی سلطه‌دارد وقوف یابند. بیش ازدوهزاروسیصد سال‌پیش افلاطون گفته است «عاشق صادق علم پیوسته برای درك هستی» درتلاش است ... وی هیچ گاه به نمودهای رنگارنگی که وجودشان ظاهری بیش نیست قناعت نمیکند»



اما عجب آنکه کوشش آدمی برای درك حقیقت صورت ریشخند بخودگرفته است. هرچه نقاب ازرخسار طبیعت دورتر میشود، هرقدر نظم جانشین بی نظمی ووحدت جایگزین اختلاف میگردد، هر اندازه مفاهیم بوضع روشنتروقواعداساسی بصورت ساده‌تردرمیایند درك حقیقت باطنی تصویری که در نتیجه از طبیعت ترسیم می‌یابد دشوار ترمیشود، عیناً همانطورکه‌اگر پوست یك قیافهٔ کاملا آشنا رابردارند بازشناختن و تشخیص اوازدیگران ازروی استخوان‌بندی صورت غیرممکن میگردد. استخوان بندی جمجمه شکل وطرح ظاهری وخارجی نسوجی را که برروی‌آن قرار دارند معین میکند. بین تصویری که مغزما از درختی مرتسم میکند باتصویری که امواج مکانیکی‌ازآن عرضه مینمایند، یابین تابش نور در آسمان پرستارهٔ یك شب تابستانی با کمیت پیوستهٔ چهار بعدی که جانشین، فضای محسوس اقلیدسی ما شده است شباهتی نیست.

علم درکوششی که برای‌تشخیص ظواهرازحقایق و ظاهر ساختن

ساختمان اساسی جهان میکند بناچار باید قدم « از تزاحم حواس » فراتر نهد . اما بقول اینشتاین بزرگترین بناهای علم بقیمت « خـالی شدن » آنها بدست آمده است . هر قدر یك مفهوم نظری را از تجربهٔ حسی دورتر کنیم میان تهی‌تر میشود زیرا که تنها عالمی کـه بشر بخوبی بدرك‌ش قادر است عالمی است که مخلوق حواس خود او است و اگر هر چه را که نتیجهٔ تأثیر این حواس است و هر چه را در ذهن او جای دارد طـرد کند دیگر چیزی برایش باقی نخواهد ماند . این حقیقت را فیلسوف بزرك آلمانی هگل (۱) با این عبارت غامض بیان کرده است : «وجود مطلق با نیستی یکی است » . حالتی از وجود که با تداعی معانی توام نباشد فاقد معنی است . تناقض را ببین که آنچه را که فیلسوف و عالم عالم ظاهری میخوانند ، یعنی روشنائی و رنك ، آسمان لاجوردین و برگهای زمردین ، وزش نسیم روح بخش و زمزمهٔ جویبار ، عالمی که بوسیله آلات حواس مختلف بشر درك میگردد ، جائی است که انسان ، بحکم طبیعت خود ، در آن محبوس و محدود است و اما آنچه را که عالم و فیلسوف عالم واقعی نام کرده اند و در آن صورت و رنك را نفوذی و رنگی نیست ، عالمی که مانند قطعهٔ بزرك یخی است که در زیر سطح ادراك بشر قرار داشته باشد ، استخوان بندی حسی عالمی آن را مشتی قرائن و کنایات تشکیل میدهد .

و این قراین و کنایات در تغییرند . فیزیك دانان قرن گذشته رنك سرخ گل را ، که خود یك احساس هنری و درون ذاتی می شناختند ، « در واقع » یك نوسان اثیر ناقل نور میدانستند ؛ قرار دانشمندان امروز بر اینست که رنك سرخ را « طول موج » بدانند ، یا اینکه آنرا «مقدار کارمایهٔ موجود

در فوتونهای نور» انگارند. بقول یکی از فیزیك دانان نامی در« روزهای دوشنبه و چهارشنبه و جمعه نظریهٔ کوانتوم را معتبر میدانند و در روزهای سه‌شنبه و پنجشنبه و شنبه تئوری امواج را دارای اعتبار میشناسند. و در هر دو حال مفاهیمی که بکار میرود ساختمانهای مجرد نظری است. بهنگام آزمایش مفاهیمی مانند جاذبه، برق و مغناطیس، کارمایه، جریان، عزم، اتم، نوترون، همه جزئیات نظری و ابداعات و استعاراتی است که مغز بشر اختراع کرده است تا به کمك آنها تصویر حقیقت را دریابد و بواقعیت برون‌ذاتی وعینی که در زیر سطح اشیاء احساس میمناید وقوف پیدا کند. باین وجه علم بجای تصورات فریبنده و درهم حواس، دستگاههای گوناگون برای تجسم وتصور بکمك امارات و کنایات بوجود آورده است. اما هر قدر در این دستگاههای ممتاز دقت ریاضی بیشتر شود امروز کمتر دانشمندی رامیتوان یافت که باتوجه بخطاهای گذشته خود را شایستهٔ آن بداند که مطالبی را بعنوان حقایق نهائی بر زبان آورد. بعکس صاحب نظران بزرك، مانند نیوتن، اذعان دارند که ممکن است آنچه که امروز در نظر آنان واضح است در نظر نسلهای آینده درهم و مبهم جلوه کند و اعقاب مابکارهای ما بهمان چشم نگاه کنند که ما بکار های اخلاف خود مینگریم.



شاید باوجود همهٔ امیدی که بشر بکشف حقایق در آینده دارد در حال حاضر براثر تلاش برای درك غوامض طبیعت بحدودی رسیده باشد که راه را برخود مسدود ببینند. درخوض درعالم بینهایت کوچك (۱)،

(۱) Microçosm

باسدهای تردید و دوحقیقتی و تناقض مواجه گردیده و متوجه شده‌است که ممکن نیست درحقیقت اشیاء رسوخ کند بی آنکه حالتهائیرا که میخواهد مورد مطالعه قرار دهد ضایع و تباه سازد؛ و در مطالعهٔ عالم بی‌نهایت بزرگ (۱) سرانجام بجائی میرسد که فضا و زمان، جرم و کارمایه، ماده وحوزه را دارای وحدتی توصیف ناپذیر می‌یابد، نهایت و غایت ابدی و تغییر ناپذیری که ظاهراً درورای آن جائی برای پیشرفت وترقی نیست. بقول افلاطون «زندانی که بانتهای میدان دیدما محدود میشود». وهر راهی که علم برای گریختن ازاین زندان درنظر میگیرد بیش از پیش به‌قلمرو مبهم استعاره وتجرید منتهی میگردد.

ممکن است که حدنهائی دانش ما که تجاوز از آن میسر نباشد جائی باشد که به‌تجسم کامل ویکنواخت (۲) نایل گردیم، یعنی بجائی که تئوری وجریان طبیعی چنان بایکدیگر موازی وهمداستان پیش روند و بایکدیگر سازگاری وتوافق داشته باشد که ایجاب کند هرپدیده‌ای که مشهود افتد درنظر گرفته شود و ازهیچ چیزصرف نظرنگردد. علم تاکنون درراه وصول باین هدف به بزرگترین پیروزیها رسیده، زیراکه، هرچند از طبیعت حقیقی اشیاء چیزی نمیداند، بتعیین روابط آنها و توصیف وقایعی که مسبب وموجب آنهاست نایل گردیده‌است. بقول آلفرد نورث وایتهد (۳) «واقعه واحد چیزهائی است که واقعیت داشته باشند». مقصود او این بود که هرچند ممکن است دستگاههای نظری تغییر کنند ویا مفاهیم ویا

---

(۱) Macrocosm

(۲) Isomorphic

(۳) Ajfred North Whitehead

امارات و کنایات آنها میان تهی باشند، حقایق اصلی و پایدار علم و زندگی عبارتند از اتفاقات و فعالیتها و وقایع. اطلاق چنین فکری را میتوان بنحو بهتری بوسیلهٔ یك واقعهٔ سادهٔ فیزیکی، مثلا برخورد دو الکترون، مجسم ساخت. درداخل حدود فیزیك جدید میتوان این واقعه را بیکی ازاین صورتها توصیف کرد: تصادم دو ذرهٔ کوچك ماده، یا دو واحد اولیهٔ کارمایهٔ الکتریکی، یا اجتماع دو ذره یا دو موج احتمالات، یا اختلاط جریان (۱) درپیوستهٔ چهار بعدی فضامکان. تئوری تعیین نمیکند که دراین برخورد چیزهای اصلی کدامند. پس به تعبیری الکترونها «حقیقی» نیستند بلکه فقط علائم نظری میباشند؛ اما ازطرف دیگر برخورد «حقیقی» است و «واقعه» واقعیت دارد. گوئی جهان حقیقی عینی درزیر گنبد نیم شفافی نهفته است و آدمی که ازپشت جدار نیم شفاف و بخار آلودهٔ آن، که پیوسته بر اثر تغییر جنبه‌های نظری تغییر شکل میدهد، به ترصد و مطالعه میپردازد بزحمت بکشف برخی روابط که ظاهراً پایدارند و حوادثی که روی میدهند موفق میگردد. حداکثر آنچه که ممکن است ازعلم او انتظار داشت نمایش پایدار و یك شکل این روابط و حوادث است. ازاین نقطه ببعد درحقیقت انسان مواجه باضلاء و دو چارسر گشتگی است.

در تکامل فکر علمی حقیقتی بصورتی خیلی روشن ظاهر و بارز گردیده است: هیچ رازی درجهان فیزیکی نیست که براز دیگری دروراء خود منتهی نشود. همهٔ شاهراههای عقل و همهٔ کور راههای علوم نظری و فرضیات وحدسیات سرانجام بفضای بی پایانی منتهی میگردند که عقل بشر از درك اندازهٔ آن قاصر است. زیرا که بشر بزنجیر اوضاع وجود

(۱) Eddy

خودبسته ودردرون حدود وقیود طبیعی خویش زندانی است، هرچه بیشتر افقهای خودرا بسط میدهد بیشتر باین حقیقت متوجه میشود که بقول نیلس بوهر (۱)، فیزیك‌دان معروف، «ما در نمایشنامهٔ بزرك وجود هم بازیگریم وهم تماشاچی». پس انسان بزرگترین معما برای خوداواست. بپاره کردن پردهٔ اسرار جهانی که در آن زیست میکند موفق نمیشود بدلیل آنکه بحقیقت وجود خودپی نمیبرد. خیلی کم به عوارض وحادثات آلی وجود خود وقوف دارد، و خیلی کمتر از آن باستعدادی که باآن بدرك جهان نایل میشود وباستدلال وتفکر دربارهٔ آن میپردازد. کمتراز همه متوجه شریفترین ومرموزترین استعدادخود، یعنی این استعداداست که میتواند در فوق خود قرار گیرد و خویشتن را در حین مشاهده مشاهده کند.

بن‌بستی که بشر را از آن گریزی نیست اینست که وی خود همان جهانی است که میخواهد به کنه آن پی برد، جسم ومغزعجیب او ازهمان ذراتی ترکیب شده اند که فضای تاریك ومبهم بین ستاره ها را تشکیل میدهد؛ خود او، درتجربه وتحلیل نهائی، صورتی است ازحوزهٔ اصلی فضازمان او، که درنیمه راه‌بین بینهایت بزرك وبینهایت کوچك متوقف‌است، از هرطرف یامانعی روبرو است وجای آن‌است که باحیرت‌زدگی جمله‌ای را که هزارو نهصد سال قبل پولس مقدس (۲) برزبان آورد تکرار کند وبگوید که «جهان بامر خدا بوجود آمد و درآن هرچیز که پیداست ساخته وپرداختهٔ جیزی‌است که پیدانیست»

---

(۱) Niels Bohr

(۲) Saint Paul

ضمیمه

درفیزیك نظری اغلب برای رسیدن بمفهومی راههای متعدد موجود است . توضیح اصل افزایش جرم جبری در صفحات ۷۳ و ۷٤ این کتاب خیلی نزدیك بروشی است که در بسیاری از کتابهای دبیرستانی بکارمیرود . اینشتاین این اصل را در کتاب « نسبیت و نظریه های خاص وعام آن (۱) بازبانی بیان کرده است که برای کسانی که تاحدی مایهٔ ریاضی دارند قابل فهم است . اینك چند مستخرج مختصر از آن کتاب:

« مهمترین نتیجهٔ کلی وعمومی که از نظریهٔ خاص نسبیت عاید شده است مربوط است بمفهوم جرم . پیش از ظهور نسبیت فیزیك دو قانون بقای اساسی وخیلی مهم داشت ، یعنی قانون بقای کارمایه وقانون بقای جرم . این دو قانون بظاهر با یکدیگر هیچ بستگی نداشتند و از یکدیگر مستقل بودند . بوسیله نظریـهٔ نسبیت هردوقانون توام شده بصورت قانون واحد درآمدند ...»

« مطابق نظریهٔ نسبیت کارمایهٔ حرکتی (۲) یك نقطهٔ مادی بجرم m دیگر بوسیلهٔ دستورمعروف $\frac{1}{2} m v^2$ داده نمیشود بلکه بادستور

---

(۱) Relativity , the Special and General Theory

$$\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

بیان میگردد».

«بوسیلهٔ ملاحظات بالنسبه سهل و ساده میتوان نتیجه گرفت که اگر جسمی که باسرعت v تغییر مکان میدهد مقداری کارمایه مساوی E_0 بصورت تشعشع جذب کند، بی آنکه در نتیجه این عمل در سرعت آن تغییری حاصل شود، بکارمایهٔ موجود در آن باندازهٔ

$$\frac{E_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

افزوده میگردد.»

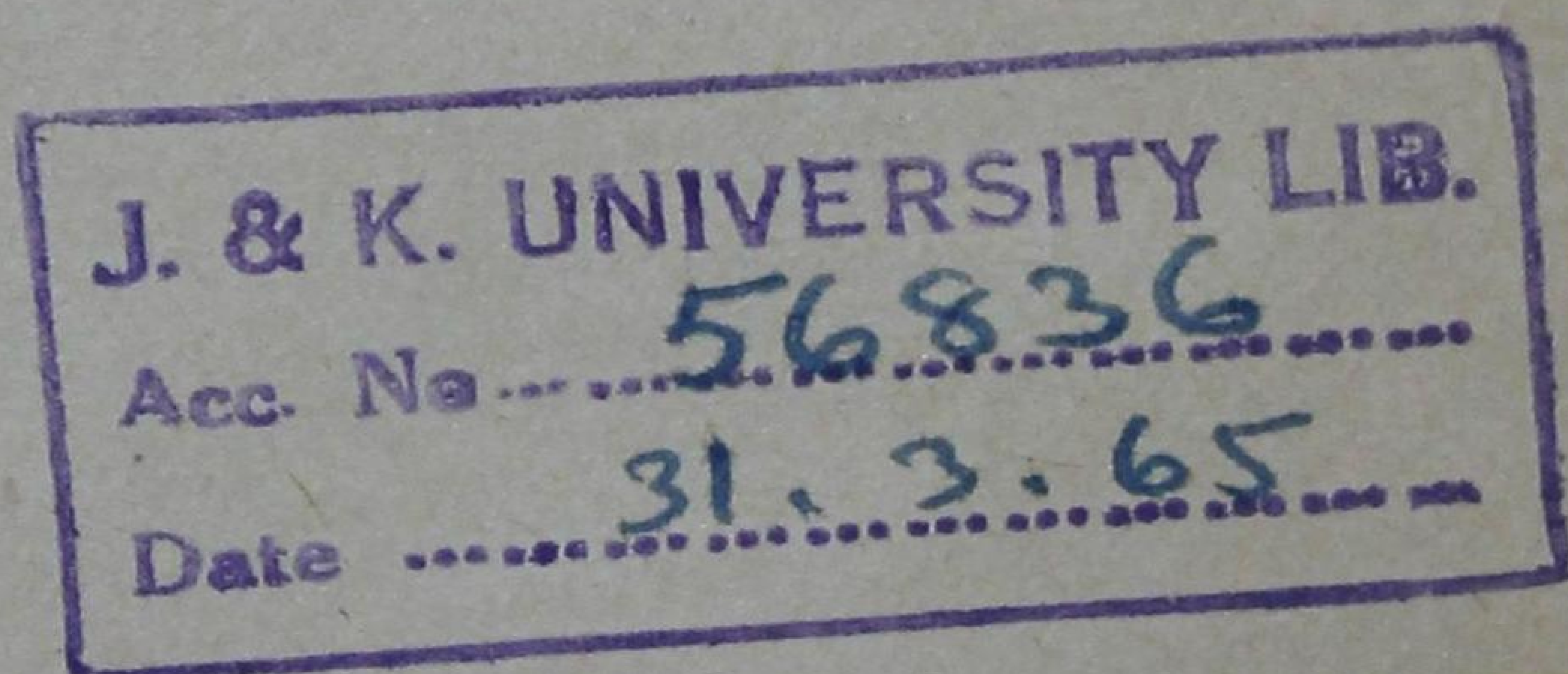
«باتوجه بدستوری که کمی جلوتر برای کارمایهٔ حرارتی بیان کردیم مقدار کارمایه‌ای که جسم بدست میآورد باعبارت

$$\frac{\left(m+\frac{E_0}{c^2}\right)c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

بیان میشود.

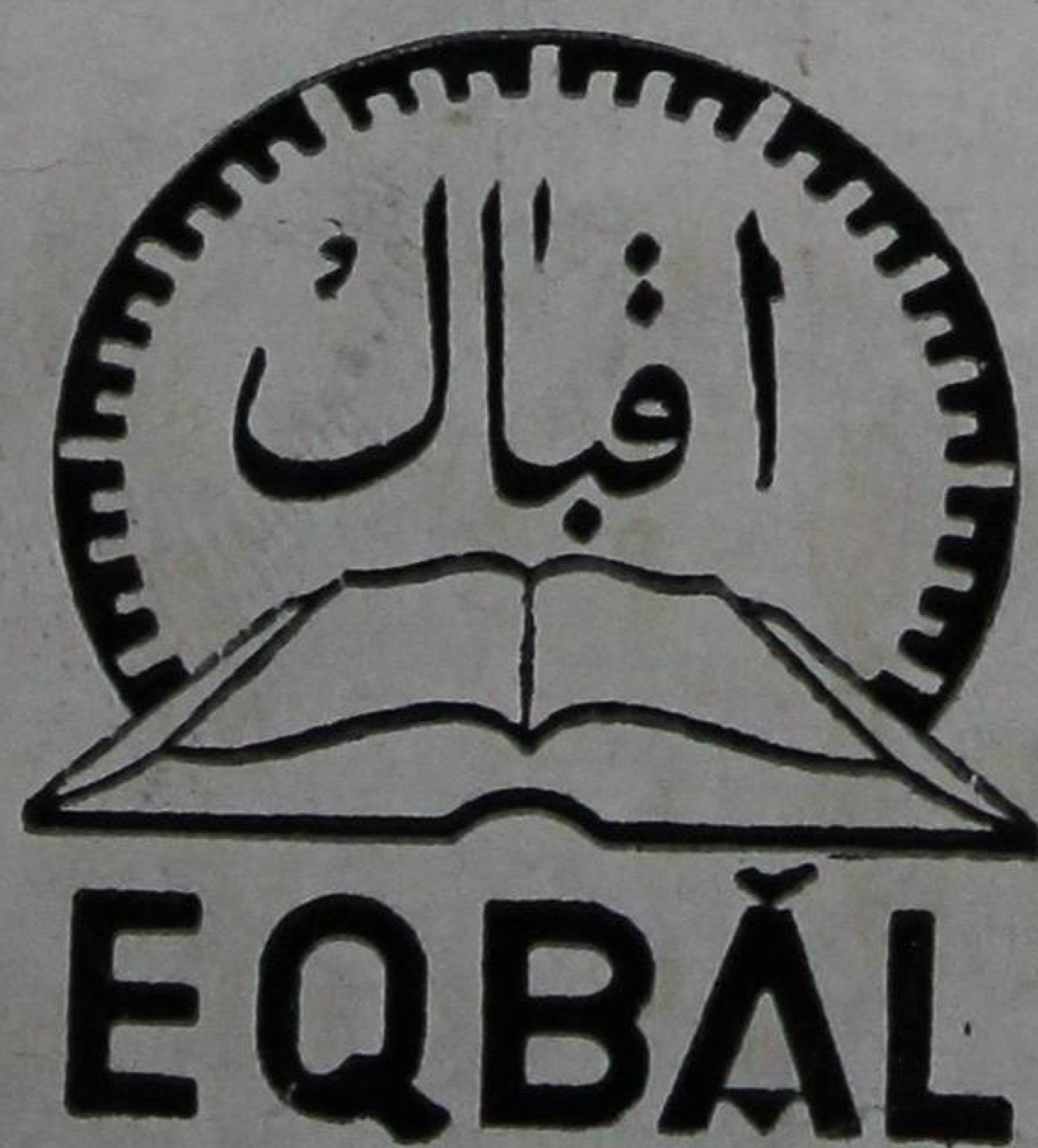
«باین ترتیب این جسم باندازه جسمی بجرم $\left(m+\frac{E_0}{c}\right)$ که باسرعت v حرکت کند کارمایه خواهد داشت. بنا براین میتوان گفت

اگر جسمی باندازهٔ E_0 کارمایه جذب کند جرم جبری آن باندازهٔ ... افزایش مییابد. پس جرم جبری یك جسم ثابت نیست و بتناسب تغییر ... مایهٔ آن تغییر میکند. جرم جبری یك دستگاه جرمها را هم میتوان مانند ... زهٔ کار مایهٔ آن دانست. قانون بقای جرم دستگاه شبیه بقانون بقای ... مایهٔ آن میشود ....»









شرکت نسبی حاج محمدحسین اقبال و شرکاء